



SKRIPSI

STUDI KONDUKTIVITAS *SOLID POLYMER ELECTROLYTE* (SPE) PEO (*POLY ETHYLENE OXIDE*) - LiClO_4 (*LITHIUM PERCHLORATE*) DENGAN *FLY ASH* DARI PT.TJIWI KIMIA SIDOARJO

**ARLITA SANDYA SATYA WARDHANI
NRP. 1413 100 099**

**Dosen Pembimbing I
Yatim Lailun Ni'mah, Ph. D**

**Dosen Pembimbing II
Dra. Harmami, M.S**

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



SCRIPT

**STUDY OF CONDUCTIVITY OF SOLID POLYMER
ELECTROLYTE (SPE) PEO (POLY ETHYLENE OXIDE) -
LIClO₄ (LITHIUM PERCHLORATE) WITH FLY ASH FROM
PT.TJIWI CHEMICAL SIDOARJO**

**ARLITA SANDYA SATYA WARDHANI
NRP. 1413 100 082**

**Advisor Lecturer
Yatim Lailun Ni'mah, Ph. D**

**Advisor Lecturer
Dra. Harmami, M.S**

**CHEMISTRY DEPARTMENT
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2017**

**STUDI KONDUKTIVITAS *SOLID POLYMER*
ELECTROLYTE (SPE) PEO (*POLY ETHYLENE OXIDE*) -
LiClO₄ (*LITHIUM PERCHLORATE*) DENGAN FLY ASH
DARI PT.TJIWI KIMIA SIDOARJO**

SKRIPSI

Disusun sebagai Syarat untuk Menyelesaikan Mata Kuliah Tugas
Akhir Program Studi S-1
Departemen Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

ARLITA SANDYA SATYA WARDHANI
NRP. 1413 100 099

Surabaya, 21 Juli 2017

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**STUDI KONDUKTIVITAS *SOLID POLYMER*
ELECTROLYTE (SPE) PEO (POLY ETHYLENE OXIDE) -
LiClO₄ (LITHIUM PERCHLORATE) DENGAN FLY ASH
DARI PT.TJIWI KIMIA SIDOARJO**

Oleh :

ARLITA SANDYA SATYA WARDHANI
NRP. 1413 100 099

Surabaya, 21 Juli 2017

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Yatim Lailun Ni'mah, Ph. D
NIP. 19840524 200812 2 006

Dra. Harmami, M.S
NIP. 19611216 198803 2 002

Mengetahui,
Kepala Departemen Kimia



Prof. Dr. Didit Prasetyoko, M.Sc.
NIP. 19710616 199703 1 002

Skripsi ini ku persembahkan untuk,
Papa, Mama, dan Jauza tercinta
Sahabat, Saudara yang selalu mendukung dan menyemangati
Teman-teman Laboratorium Instrumentasi dan Sains Analitik
Dan teman-teman ANORTHITE

STUDI KONDUKTIVITAS *SOLID POLYMER*
ELECTROLYTE (SPE) PEO (POLY ETHYLENE OXIDE) -
LiClO₄ (LITHIUM PERCHLORATE) DENGAN FLY ASH
DARI PT.TJIWI KIMIA SIDOARJO

Nama : Arlita Sandya Satya Wardhani
NRP : 1413100099
Departemen : Kimia FMIPA-ITS
Pembimbing : Yatim Lailun Ni'mah, Ph. D

ABSTRAK

Pengaruh penambahan abu layang pada *Solid Polymer Electrolyte (SPE) PEO (Poly Ethylene Oxide)* dan garam LiClO_4 (*Lithium Perchlorate*) telah diteliti. Kristalinitas PEO berkurang secara signifikan karena penggabungan PEO- LiClO_4 -abu layang, yang diuji menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)*. Interaksi ion-polimer, khususnya interaksi antara kation LiClO_4 -abu layang dengan atom eter oksigen dari PEO, telah dibuktikan dengan FTIR. Penambahan abu layang 5% meningkatkan nilai konduktivitas ionik SPE yaitu $1,730 \times 10^{-4}$ S/cm pada suhu 60°C . Sedangkan nilai konduktivitas ionik PEO murni sebesar $7,859 \times 10^{-6}$ S/cm dan $6,863 \times 10^{-5}$ S/cm untuk PEO- LiClO_4 pada suhu yang sama. Hasil dalam penelitian ini menunjukkan bahwa SPE PEO dengan penambahan LiClO_4 dan abu layang merupakan salah satu material elektrolit untuk baterai ion lithium.

Kata kunci : *Solid Polymer Electrolyte (SPE)*, Baterai ion-lithium, Pengisi, dan Konduktivitas ionik, Abu layang

**STUDY OF CONDUCTIVITY OF SOLID POLYMER
ELECTROLYTE (SPE) PEO (POLY ETHYLENE OXIDE) -
LiClO₄ (LITHIUM PERCHLORATE) WITH FLY ASH
FROM PT.TJIWI CHEMICAL SIDOARJO**

Name : Arlita Sandya Satya Wardhani
NRP : 1413100099
Department : Chemistry FMIPA-ITS
Advisor : Yatim Lailun Ni'mah, Ph. D

ABSTRACT

The effect of addition of Fly ash to Solid Polymer Electrolyte (SPE) PEO (polyethylene oxide) and LiClO₄ (Lithium Perchlorate) salt has been investigated. PEO crystallinity was significantly reduced due to the incorporation of PEO-LiClO₄-Fly ash, which was tested using X-Ray Diffraction (XRD). The ion-polymer interaction, in particular the interaction between the LiClO₄-Fly ash cations with oxygen ethers atom of PEO, have been proven by FTIR. The addition of 5% fly ash increased the ionic conductivity value of SPE of $1,730 \times 10^{-4}$ S/cm at 60 °C . While the pure PEO ionic conductivity value was 7.859×10^{-6} S/cm and $6,863 \times 10^{-5}$ S/cm for PEO-LiClO₄ at the same temperature. The results in this study indicate that SPE PEO with the addition of LiClO₄ and fly ash. Is one of the electrolytic materials for lithium ion batteries.

Keywords: Solid Polymer Electrolyte (SPE), Lithium-ion battery, Filler, Ionic Conductivity, and Fly ash

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir yang berjudul “**Studi Konduktivitas Solid Polymer Electrolyte (SPE) PEO (*Poly Ethylene Oxide*) - LiClO₄ (*Lithium Perchlorate*) dengan Fly Ash dari PT.Tjiwi Kimia Sidoarjo**” dapat diselesaikan dengan baik. Tulisan ini terwujud berkat bimbingan, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Yatim Lailun Ni'mah, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama proses penyusunan naskah tugas akhir ini.
2. Dra. Ita Ulfin, M.Si, selaku kepala Laboratorium Instrumen dan Sains Analitik yang telah memberikan izin selama melakukan penelitian
3. Prof. Dr. Didik Prasetyoko M.Sc selaku Ketua Departemen Kimia atas fasilitas yang telah diberikan hingga naskah tugas akhir ini dapat terselesaikan.
4. Suprpto, M.Si., Ph.D., selaku dosen wali yang telah memberikan pengarahan dan nasihat.
5. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberi dukungan, doa, serta semangat yang tiada henti.
6. Teman-teman mahasiswa Kimia FMIPA angkatan 2013 yang selalu membantu, memberikan semangat, doa dan dukungannya.
7. Semua pihak yang telah membantu yang tidak mungkin saya sebutkan satu persatu.
8. Mardiyana, Rohmatul Azizi, Della Nurrry Paramita, Ray Zehan Sovyanah, dan teman asrama sahabat yang selalu memberikan semangat dan motivasi.
9. Teman-teman Laboratorium Instrumentasi dan Sains

- Analitik, yang telah membantu dan memberikan motivasi.
10. Teman-teman ANORTHITE, yang selalu memberikan semangat.

Jika terdapat kesalahan dalam penulisan naskah ini, diharapkan saran dan kritik untuk perbaikan di kemudian hari.

Surabaya, 21 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	2
1.5. Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Baterai ion Lithium.....	5
2.2. Bahan Elektrolit Cair dan Padat	6
2.3. Abu layang	7
2.4. <i>Solid Polymer Electrolyte</i> (SPE)	9
2.5. Pengisi untuk SPE	10
2.6. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	12
2.7. <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	14
2.8. Spektroskopi Impedansi	17

BAB III METODOLOGI	19
3.1. Alat dan Bahan	19
3.2. Prosedur Kerja	19
3.2.1. Sintesis <i>Solid Polymer Electrolyte</i> (SPE)	19
3.2.2. Karakterisasi FTI-R	19
3.2.3. Karakterisasi XRD	20
3.2.4. Karakterisasi Elektrokimia	20
BAB IV	21
HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1. Hasil Sintesis <i>Solid Polymer Electrolyte</i> (SPE)	21
4.2. Karakterisasi FTIR	22
4.3. Karakterisasi XRD	23
4.4. Konduktivitas Ionik	25
BAB V	29
KESIMPULAN DAN SARAN	29
5.1. Kesimpulan	29
5.2. Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN A	37
PROSEDUR KERJA	37
LAMPIRAN B	41
PERHITUNGAN	41
LAMPIRAN C	42
HASIL KARAKTERISASI	42
BIODATA PENULIS	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Mekanisme proses interkalasi pada elektroda baterai padat lithium.	5
Gambar 2. 2	Diagram skematik dari diffraktometer dalam mode refleksi di mana hamburan sinar-X terjadi dari sampel yang dipasang sebagai pelat datar	13
Gambar 2. 3	XRD dari PEO murni, LiDFOB murni, dan PEO ₂₀ - LiDFOB-IL dengan perbedaan cairan ionik	14
Gambar 2. 4	Spektra FTIR, (a)PEO murni dan PEO ₂₀ -LiDFOB-IL membran elektrolit dengan diferensial IL (b) 0% (c) 10% (d) 20% (e) 30% dan (f) 40%	16
Gambar 2. 5	Spektrum AC impedansi dari sel Li/SPE/Li dari cycles yang berbeda pada 80 °C	18
Gambar 4. 1	Membran SPE berdasarkan PEO dengan variasi penambahan garam LiClO ₄ dan penambahan abu layang. (a) PEO murni, (b) PEO - LiClO ₄ , (c) PEO - LiClO ₄ - abu layang 5%	22
Gambar 4. 2	Difraktogram FTIR pada SPE berbasis PEO dengan variasi LiClO ₄ dan penambahan pengisi abu layang.....	23
Gambar 4. 3	Pola XRD, PEO murni dengan penambahan garam LiClO ₄ dan penambahan pengisi abu layang.....	24
Gambar 4. 4	Plot impedansi (Z' vs Z'') dari (a) PEO murni dan (b) PEO -LiClO ₄ - abu layang 5% pada suhu 50 °C	26
Gambar 4. 5	Plot konduktivitas ionik vs suhu, pada SPE dengan PEO - LiClO ₄ dan PEO - LiClO ₄ - abu layang.....	27
Gambar A. 1	Bagan Sintesis <i>Solid Polymer Electrolyte</i> (SPE)	37

Gambar A. 2	Bagan sintesis SPE PEO murni	38
Gambar A. 3	Bagan sintesis SPE PEO - LiClO_4	39
Gambar A. 4	Bagan sintesis SPE PEO - LiClO_4 - abu layang.....	40
Gambar C. 1	Spektrum FTIR PEO murni	42
Gambar C. 2	Spektrum FTIR PEO - LiClO_4	44
Gambar C. 3	Spektrum FTIR PEO - LiClO_4 - abu layang	46
Gambar C. 4	Spektrum XRD PEO murni	47
Gambar C. 5	Spektrum XRD PEO murni - LiClO_4	49
Gambar C. 6	Spektrum XRD PEO murni - LiClO_4 - abu layang	51
Gambar C. 7	Kurva Nyquist untuk PEO diperoleh pada suhu (a) 40 °C; (b) 50 °C; (c) 60 °C; (d) 70 °C; (e) 80 °C dan (f) 90 °C.....	53
Gambar C. 8	Kurva Nyquist untuk PEO - LiClO_4 10% diperoleh pada suhu (a) 40 °C; (b) 50 °C; (c) 60 °C; (d) 70 °C; (e) 80 °C dan (f) 90 °C.....	54
Gambar C. 9	Kurva Nyquist untuk PEO - LiClO_4 10% - abu layang 5% diperoleh pada suhu (a) 40 °C; (b) 50 °C; (c) 60 °C; (d) 70 °C; (e) 80 °C dan (f) 90 °C	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan elektrolit cair dan elektrolit padat.....	7
Tabel 2. 2 Hasil konduktivitas elektrolit polimer PEO-EC- LiCF ₃ SO ₃ -pengisi	12
Tabel 2. 3 Daerah frekuensi untuk gugus fungsi organik.....	15
Tabel B. 1 Tabel Hasil perhitungan massa bahan yang digunakan	41
Tabel B. 2 Tabel Hasil Perhitungan Konduktivitas Ionik	41
Tabel C. 1 Keterangan spektrum FTIR PEO murni	42
Tabel C. 2 Keterangan spektrum FTIR PEO - LiClO ₄	44
Tabel C. 3 Keterangan spektrum FTIR PEO - LiClO ₄ – Abu layang	46
Tabel C. 4 Keterangan XRD PEO murni	47
Tabel C. 5 Keterangan XRD PEO murni - LiClO ₄	49
Tabel C. 6 Keterangan XRD PEO murni - LiClO ₄ - abu layang	51

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	37
PROSEDUR KERJA.....	37
A.1 Sintesis <i>Solid Polymer Electrolyte</i> (SPE)	37
A.2 Sintesis SPE PEO murni.....	38
A.3 Sintesis SPE PEO - LiClO_4	39
A.4 Sintesis SPE PEO - LiClO_4 - Abu layang	40
LAMPIRAN B	41
PERHITUNGAN.....	41
B.1 Hasil Perhitungan Massa Bahan yang Digunakan	41
B.2 Hasil Perhitungan Konduktivitas Ionik.....	41
LAMPIRAN C	42
HASIL KARAKTERISASI.....	42
C.1 Hasil Karakterisasi FTIR	42
C.2 Hasil Karakterisasi XRD.....	477
C.3 Hasil Konduktivitas Ionik.....	533
BIODATA PENULIS.....	56

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Baterai ion litium isi ulang (LIB) merupakan salah satu teknologi penyimpanan energi yang paling penting dan telah menjadi bagian yang tidak dapat terpisahkan dari kehidupan sehari-hari (Chen dkk, 2016). Baterai ion litium merupakan salah satu baterai yang paling dibutuhkan, karena dapat di *charge* ulang, ringan, tahan lama, aman penggunaannya dan mudah diolah dalam berbagai bentuk (Prihandoko, 2007).

Salah satu insiden terbaru dalam penggunaan baterai ion litium yaitu kebakaran yang terjadi pada mobil listrik unit Tesla Model S dan pesawat Dreamliner Boeing 787. Sehingga dalam baterai lithium isi ulang kebijakan *safety* merupakan hal terpenting (Khurana dkk, 2014).

Solid Polymer Electrolyte (SPE) dianggap sebagai salah satu solusi yang layak untuk menjamin keamanan dalam baterai litium isi ulang daya tinggi (Tarascon dan Armand, 2001). SPE memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan elektrolit cair seperti tidak volatil, tidak mudah terbakar, mudah untuk diproses, stabilitas kimia dan elektrokimia yang baik (Tarascon dan Armand, 2001) (Scrosati dan Garche, 2010) (Kwon dkk, 2014) (Grunebaum dkk, 2014).

Penelitian mengenai penambahan *filler* (pengisi) telah banyak dilakukan. Penelitian sebelumnya oleh Song dkk (2017) dihasilkan konduktivitas sebesar $9,6 \times 10^{-4}$ S/cm dengan adanya penambahan pengisi SiO_2 sebanyak 5% pada PEO- AlCl_3 . Sementara Fullerton dkk (2010) melaporkan dalam penelitiannya bahwa konduktivitas tertinggi diperoleh dengan penambahan Al_2O_3 sebanyak 5% pada PEO- LiClO_4 .

Fly ash (abu layang) dapat digunakan sebagai pengisi yang ditambahkan pada matriks polimer PEO dengan kompleks garam LiClO_4 . Abu layang adalah abu sisa pembakaran batu bara yang dipakai dalam banyak industri. Selama ini abu layang tidak dimanfaatkan dan dibuang begitu saja, sehingga memiliki potensi mencemari lingkungan. Abu layang terdiri dari bahan anorganik (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , dan CaO) yang terdapat di dalam batu bara yang telah mengalami fusi selama pembakarannya (Wardani, 2008).

Abu layang akan digunakan untuk menggantikan peran SiO_2 dan Al_2O_3 sebagai pengisi anorganik. Pada penelitian ini abu layang yang digunakan berasal dari PT.TJIWI KIMIA Sidoarjo dengan konsentrasi yang ditambahkan sebanyak 5% seperti optimasi yang pernah dilakukan pada penelitian diatas.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh penambahan abu layang 5% sebagai pengisi pada SPE PEO - LiClO_4 terhadap konduktivitas ionik.

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini menggunakan abu layang yang digunakan berasal dari PT.TJIWI KIMIA Sidoarjo. Hasil sintesis kemudian dikarakterisasi dengan FTIR, XRD dan uji konduktivitas pada suhu 313 – 363 K.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan abu layang 5% sebagai pengisi pada SPE PEO - LiClO_4 terhadap konduktivitas ionik.

1.5. Manfaat

Penelitian ini bermanfaat untuk menghasilkan SPE yang ditambahkan abu layang dengan nilai konduktivitas yang tinggi dan memberikan material alternatif sumber energi listrik dalam bentuk baterai.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

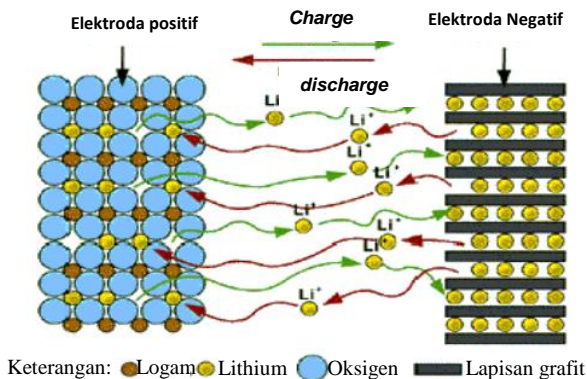
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Baterai ion Lithium

Baterai adalah perangkat yang dapat mengubah energi kimia yang terkandung dalam bahan aktif menjadi energi listrik secara langsung melalui reaksi oksidasi-reduksi (redoks) sebuah elektrokimia. Dalam kasus sistem isi ulang, baterai diisi oleh pembalikan proses. Jenis reaksi melibatkan transfer elektron dari satu materi ke yang lain melalui sebuah sirkuit listrik. Oleh karena itu, baterai mampu memiliki efisiensi konversi energi yang lebih tinggi (Linden dan Reddy, 2002).

Baterai Lithium sangat menarik untuk dikembangkan karena mempunyai banyak keunggulan antara lain mempunyai tegangan yang besar, waktu hidup yang lama dan material elektrodanya tidak beracun. Reaksi yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2. 1 Mekanisme proses interkalasi pada elektroda baterai padat lithium (Wigayati dkk, 2007).

Cara kerja baterai lithium-Ion anoda dan katoda baterai lithium terbuat dari karbon dan oksida lithium. Sedangkan

elektrolit terbuat dari garam lithium yang dilarutkan dalam pelarut organik. Bahan pembuat anoda sebagian besar merupakan grafit sedangkan katoda adalah salah satu dari bahan berikut: lithium cobalt oksida (LiCoO_2), lithium besi fosfat (LiFePO_4), lithium mangan oksida (LiMn_2O_4), dan lithium besi oksida (Li_5FeO_4). Ketika sebuah sel dihubungkan untuk menghasilkan listrik, elektroda negatif menyuplai elektron (arus) yang mengalir melalui beban dan diterima oleh katoda (Umeno dkk, 2002). Serbuk lithium besi oksida (Li_5FeO_4) ini didapat dari sintesis LiOH , H_2O , dan Fe_2O_3 menggunakan metode solid state suhu tinggi. Bahan-bahan ini mudah didapat, bisa disintesis dari bahan alam, ramah lingkungan, dan lebih ekonomis dan efisien (Wigayati dkk, 2007).

Secara keseluruhan, anoda dan katoda mengalami proses dekomposisi konsumsi massa aktif dan elektrolit yang disertai dengan evolusi gas (Gambar 2.1). Hal ini menyebabkan hilangnya kapasitas baterai (kapasitas ireversibel awal) dan menimbulkan bahaya keamanan pada penggunaan baterai. Keduanya mengalami kehilangan kapasitas dan evolusi gas yang tidak diinginkan (Gambar 2.1). Fenomena ini yang harus dikendalikan secara hati-hati (terutama selama proses produksi) untuk menjamin kinerja baterai (Scrosati dan Garche, 2010).

Sehubungan dengan material anoda, lithium logam memiliki kapasitas yang jauh lebih besar teoritis pemakaian (4.000 mAh/g) dari grafit (372 mAh/g) tetapi memiliki masalah dalam kehidupan *cycle* pendek dan keselamatan. Para penelitian aktif sedang berlangsung masih pada baterai sekunder menggunakan lithium logam sebagai bahan anoda (Umeno dkk, 2002).

2.2. Bahan Elektrolit Cair dan Padat

Elektrolit merupakan suatu material yang bersifat penghantar ionik, baik dalam bentuk cair ataupun padat.

Kebanyakan baterai menggunakan elektrolit cair namun ada juga yang menggunakan elektrolit padat. Elektrolit padat menunjukkan kestabilan pada suhu tinggi, *self-discharge* rendah dan memiliki resistansi listrik yang baik. Tabel 2.1 menunjukkan perbandingan elektrolit cair dan elektrolit padat (Prihandoko, 2007).

Tabel 2. 1 Perbandingan elektrolit cair dan elektrolit padat

Sifat	Elektrolit Cair	Elektrolit Padat
Material	Konduktor garam: LiClO_4 , LiCF_3SO_3 . Larutan: PC, EC, Pengurang Viskositas : DME, DMC, DEC	LiTaO_3 , SrTiO_3 , Li_2O , $\text{Li}_{1,3}\text{Al}_{0,3}\text{Ti}_{1,7}(\text{PO}_4)_3$, $\text{LiTi}_2(\text{PO}_4)_3$, Li_4SiO_4 , Li_3PO_4 , LiCl , LiBr , LiI
Mekanisme konduksi ion	Ion Li^+ dalam larutan organik	Cacat transport pada kisi zat padat,
Konduktifitas ionic	$10^{-2} \dots 10^{-3} \text{ S/cm}$	$10^{-9} \dots 10^{-3} \text{ S/cm}$
Kebocoran elektrolit	Tergantung pada impuritas dan disosiasi kimia	10^{-9} S/cm
Stabilitas Kimia	Sangat buruk	Sangat baik
Pembuatan	Mahal, larutan beracun, rentan meledak,	Baik, tidak mengandung racun, Sputtering untuk film tipis, Keramik sintering, atau pasta untuk aplikasi lain

(Prihandoko, 2007)

2.3. Abu layang

Abu layang merupakan sisa dari hasil pembakaran batubara pada *power plants*. Abu layang mempunyai titik lebur sekitar 1300 °C dan berdasarkan uji komposisi kimia abu layang mengandung CAS (CO - Al₂O₃ - SiO₂) dalam jumlah besar yang merupakan pembentuk utama *network glass*. abu layang mempunyai kerapatan massa (densitas), antara 2,0 – 2,5 g/cm³ (Bienias, 2003). Pada pembakaran abu batu bara pada pembangkit listrik tenaga uap terbentuk 2 jenis abu yaitu abu layang dan abu dasar. Partikel yang terbawa gas buang disebut abu layang sedangkan abu yang tertinggal dan dikeluarkan dari bawah tungku disebut abu dasar. (Tjokrodimulyo, 1996) dalam (Suarnita, 2011).

Abu layang memiliki sifat antara lain :

a. Warna abu layang berwarna abu-abu, bervariasi dari abu-abu muda sampai abu-abu tua. Makin muda warnanya sifat pozzolannya makin baik. Warna hitam yang sering timbul disebabkan karena adanya karbon yang dapat mempengaruhi mutu abu terbang.

b. Komposisi abu layang adalah silikon dioksida SiO₂ (30% - 60%), aluminium oksida Al₂O₃ (15% - 30%), karbon dalam bentuk batu bara yang tidak terbakar (bervariasi hingga 30%). Kalsium oksida Cao (1% - 7%) dan sejumlah kecil magnesium oksida MgO dan sulfur trioksida SO₃.

c. Sifat Pozzolan adalah sifat bahan yang dalam keadaan halus dapat bereaksi dengan kapur padam aktif dan air pada suhu kamar (24 °C – 27 °C) membentuk senyawa yang padat tidak larut dalam air.

d. Kepadatan (densitas) abu layang bervariasi, tergantung pada besar butir dan hilang pijarnya. Biasanya berkisar antara 2.43 gr/cc sampai 3 gr/cc. Luas permukaan spesifik rata-rata 225 m²/kg - 300 m²/kg. Ukuran butiran yang kecil kadang-kadang

terselip dalam butiran yang besar yang mempunyai fraksi lebih besar dari 300 μm .

e. Hilang pijar menentukan sifat pozzolan abu terbang. Apabila hilang pijar 10% - 20% berat kadar oksida kurang sehingga daya ikatnya kurang yang berarti sifat pozzolannya kurang (Suarnita, 2011)

2.4. *Solid Polymer Electrolyte (SPE)*

Polimer elektrolit padat mempunyai kelebihan dari sisi keselamatan jika dibandingkan dengan pelarut organik, selain itu memiliki kelebihan seperti fleksibilitas, lebih mudah dimodifikasi, dan dapat digunakan suhu tinggi. Elektrolit polimer tanpa pelarut organik yang mudah menguap sering disebut SPE (Ozawa, 2009). SPE mempunyai keunggulan dapat meningkatkan kemandirian pada baterai litium, salah satunya dengan tidak mengakibatkan terjadinya kebocoran sehingga menjadikan lebih aman. Selain itu, SPE mempunyai sifat tidak mudah menguap, kurang reaktif dan tidak mudah terbakar (Hallinan dkk, 2016). Berbagai polimer seperti poli (etilen oksida) (PEO), poliakrilonitril (PAN), poli (vinilidena) (PVDF), dan poli (metil metakrilat) (PMMA) telah dipelajari dengan keunggulannya masing-masing. Memperoleh konduktivitas tinggi pada suhu ambien adalah tujuan utama agar bahan-bahan tersebut untuk digunakan dalam aplikasi elektrokimia (Shukla dkk, 2014).

Semua elektrolit padat yang digunakan untuk baterai ion litium harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

1. Konduktivitas ionik tinggi, terutama konduktivitas ionik yang relatif tinggi pada suhu kamar dan konduktivitas elektronik serendah mungkin untuk menghindari kebocoran arus.

2. Stabilitas struktur fasa yang baik, seharusnya tidak terjadi transisi fasa saat digunakan, dan rekristalisasi harus dicegah untuk elektrolit padat *glassy*.
3. Stabilitas kimia yang baik harus dipertahankan, terutama selama proses pengisian dan tidak boleh ada reaksi redoks pada kontak dengan logam.

Stabilitas elektrokimia yang baik, yaitu memiliki elektrokimia *window* lebar di atas 4,2 V (Wu, 2015).

2.5. Pengisi untuk SPE

Meskipun SPE memiliki banyak keuntungan seperti fleksibilitas mekanis dan ketahanan terhadap korosi, namun juga memiliki beberapa kelemahan seperti konduktivitas ion rendah, kristalinitas tinggi dan stabilitas mekanik yang memburuk. Konduksi ionik pada SPE diyakini terjadi pada fraksi amorf dari matriks polimer, meskipun seperti yang dilaporkan baru-baru ini, struktur kristal khusus dalam elektrolit polimer, seperti saluran yang dapat dilakukan lebih banyak daripada pada pasangan amorf mereka. Tetapi polimer yang digunakan sebagai penghuni dalam elektrolit polimer seringkali bersifat kristalin. Untuk mengatasi kerugian dan memperbaiki sifat SPEs, metode yang diterapkan kebanyakan untuk menambahkan inert organik dalam SPE. Bila pengisi anorganik ini memiliki dimensi nano, elektrolit polimer komposit yang terbentuk disebut elektrolit polimer nanokomposit (NCPE). Sampai sekarang, nanopartikel yang paling banyak digunakan adalah TiO_2 , Al_2O_3 , SiO_2 , MgO dan lain lain. (Borgohain dkk, 2010)

Polimer elektrolit dengan nanopartikel dapat meningkatkan kekuatan mekanik dan meningkatkan konduktivitas ion (Kwang, 2007). Nanopartikel biasanya dikombinasikan dengan berbagai jenis pengisi, seperti nanosilikat, partikel clay, molecular sieves, dan mesoporous silica particles serta metal oxide. Dari hasil penelitian Wu, didapatkan bahwa penambahan nanopartikel

metal oxide pada PVdF-HFP dapat meningkatkan penyerapan elektrolit. Semakin tinggi penyerapan elektrolit maka semakin tinggi pula konduktivitas ionik membran. (Wu, 2015)

Pada Tabel 2.2 menunjukkan hasil konduktivitas kompleks elektrolit polimer PEO-EC-LiCF₃SO₃. Konduktivitas ionik dari film elektrolit dapat diperbaiki dengan penambahan SiO₂ (<10 μm) dan Al₂O₃ (<10 μm). Persentase perbaikan masing-masing 109,9% dan 74,6% untuk SiO₂ dan Al₂O₃. Kedua ukuran partikel untuk SiO₂ dan Al₂O₃ ini berada pada kisaran mikron. Pengamatan serupa telah dilaporkan untuk campuran elektrolit polimer komposit berbasis PEO dengan berbagai jenis pengisi anorganik. Kehadiran partikel pengisi meningkatkan konduktivitas ionik secara substansial, dan tingkat peningkatan tergantung pada luas permukaan pengisi. Efek penghalang sterik dari pengisi anorganik berkontribusi terhadap retensi fase amorf elektrolit polimer dan pengangkutan ion terutama terjadi dengan rantai intra-rantai dan antar-rantai spesies ionik di daerah amorf. Karena luas permukaannya yang besar, pengisi anorganik mencegah reorganisasi rantai PEO lokal dengan penguncian pada suhu sekitar tingkat gangguan yang lebih tinggi yang pada gilirannya mendukung pengangkutan ionik yang cepat. Mekanisme ini kemungkinan merupakan mekanisme peningkatan konduktivitas dominan yang beroperasi pada elektrolit polimer yang dihasilkan dengan pengisi anorganik mikron dalam suhu kamar, yang berada di bawah suhu kristalisasi PEO (yaitu 70 °C). Sebagai perbandingan konduktivitas antara jenis pengisi yang berbeda (SiO₂ dan Al₂O₃) dengan ukuran partikel yang sama (<10 μm), kedua komposisi tersebut mengalami kenaikan konduktivitas setelah penambahan pengisi. Namun demikian, perbedaan perbaikan antara kedua jenis pengisi ini tidak signifikan. Hasil ini menunjukkan bahwa jenis pengisi (SiO₂ dan Al₂O₃) menunjukkan pengaruh kecil pada konduktivitas film elektrolit jika dibandingkan dengan ukuran partikel (Yap dkk, 2013).

Tabel 2. 2 Hasil konduktivitas elektrolit polimer PEO-EC-LiCF₃SO₃-Pengisi

Sample ID	Tipe pengisi	Konduktivitas (Scm ⁻¹)
PE 1	-	1.701×10^{-5}
PE 2	SiO ₂ (<10 μm)	3.570×10^{-5}
PE 3	Al ₂ O ₃ (<10 μm)	2.970×10^{-5}
PE 4	Al ₂ O ₃ (<50 μm)	4.843×10^{-6}
PE 5	TiO ₂ (<25 μm)	1.683×10^{-5}

(Yap dkk, 2013)

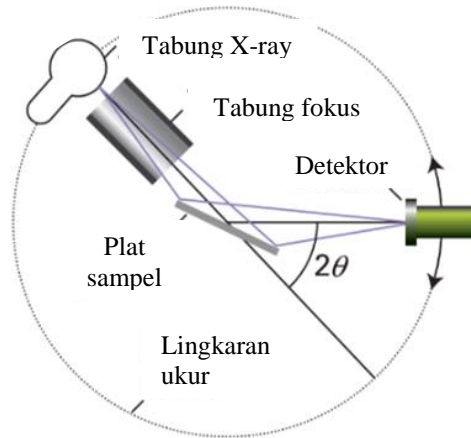
2.6. X-Ray Diffraction (XRD)

Karakterisasi menggunakan XRD adalah salah satu teknik karakterisasi yang digunakan untuk mengidentifikasi fasa bulk suatu material dan menentukan sifat kristal atau kristalinitas dari suatu material. Metode XRD banyak digunakan untuk mengidentifikasi dan mengkarakterisasi material yang digunakan sebagai katalis, karena banyak material katalis yang berwujud Kristal (Leofanti dkk, 1997).

Prinsip Kerja XRD adalah sinar X dihamburkan oleh elektron pada suatu atom tanpa mengubah energi. Hamburan sinar yang terjadi sebanding dengan pantulan dari dua bidang atom yang berdekatan dan dipisahkan oleh jarak d, kemudian terbentuk sudut yang menghasilkan intensitas maksimum antar gelombang dengan panjang gelombang λ yang tertulis dalam persamaan Bragg :

$$n\lambda = 2d \sin \theta \dots\dots\dots (2.1)$$

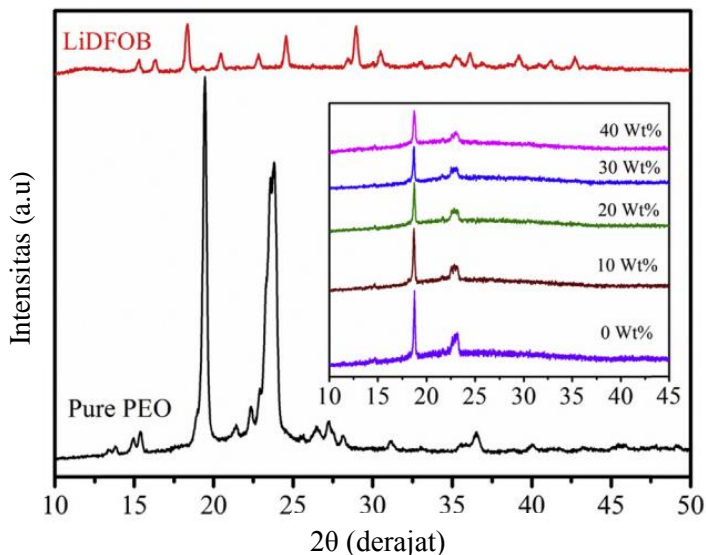
dimana n merupakan suatu bilangan. Dengan demikian, sinar X yang mengenai kristal dengan susunan atom yang teratur akan menghasilkan kumpulan difraksi maksimum atau dikenal dengan istilah pola difraksi (Atkins dkk, 2010).



Gambar 2. 2 Diagram skematik dari difraktometer dalam mode refleksi di mana hamburan sinar-X terjadi dari sampel yang dipasang sebagai pelat datar (Atkins dkk, 2010)

Sampel bubuk (polikristalin) mengandung sejumlah kristal kecil, biasanya 0,1 sampai 10 μm berdimensi dan berorientasi secara acak. Sinar X-ray yang ditembakkan ke sampel polikristalin tersebar ke segala arah membentuk beberapa sudut yang diberikan oleh persamaan Bragg akibat adanya gangguan konstruktif. Skema XRD (Gambar 2.2) menggunakan detektor elektronik untuk mengukur sudut yang terdifraksi. Detektor memindai di sekitar sampel sepanjang lingkaran memotong kerucut difraksi pada berbagai difraksi maksimum dan intensitas sinar-X yang terdeteksi dicatat sebagai fungsi sudut detektor (Atkins dkk, 2010).

Dari penelitian yang dilakukan oleh Polu dkk (2016) diperoleh hasil karakterisasi XRD (Gambar 2.3). Difaktogram menunjukkan pola XRD dari PEO murni, LiDFOB murni dan polimer elektrolit padat PEO-LiDFOB-EMImTFSI pada konsentrasi cairan ionik yang berbeda.



Gambar 2. 3 XRD dari PEO murni, LiDFOB murni, dan PEO₂₀-LiDFOB-IL dengan perbedaan cairan ionik (Polu dkk, 2016)

2.7. *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

FTIR memberikan informasi karakteristik katalis di permukaan dalam hal struktur oksida logam. Posisi bands atau peak menunjukkan ikatan logam-oksigen yang sebenarnya. Metode karakterisasi ini dapat juga memberikan sifat-sifat suatu sisi permukaan terhadap molekul probe tertentu, sehingga interaksi antar molekul dan reaktivitas permukaan dapat dipelajari. FTIR menggunakan KBr dimana sampel katalis dicampur dengan KBr dengan perbandingan tertentu. Spectrum IR dilakukan dengan metode absorbansi pada 298 K dengan panjang gelombang $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ dengan resolusi 2 cm^{-1} (Leofanti dkk, 1997).

Identifikasi pita absorpsi khas yang disebabkan oleh berbagai gugus fungsi merupakan dasar penafsiran spektra

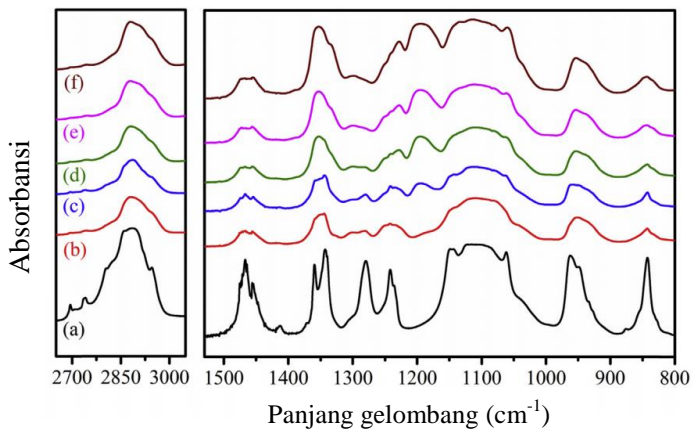
inframerah (Sastrohamidjojo, 1991). Spektra ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang teramati pada daerah frekuensi tertentu (Tabel 2.3).

Tabel 2. 3 Daerah frekuensi untuk gugus fungsi organik

Gugus	Jenis Senyawa	Daerah Serapan (cm ⁻¹)
C-H	Alkana	2853-2962
-HC-(CH ₃) ₂		1380-1385
-C-(CH ₃) ₃		1385-1395
C-H	Alkena	3010-3095
C=C		1620-1680
R-HC=CH ₂		985-1000
R ₂ C=CH ₂		880-900
<i>cis</i> -RHC=CHR		675-730
<i>trans</i> -RHC=CHR		960-975
-C-H	Alkuna	3300
C≡C		2100-2260
Ar-H	Aromatik	3030
C=C		1450-1600
O-H	Alkohol, fenol (monomer)	3590-3650
	Alkohol, fenol (ikatan H)	3200-3550
	Asam karboksilat	2500-3000
C-O-C	Alkohol, Eter	1020-1275
C=O	Aldehid	1690-1740
	Keton	1680-1750
	Ester	1735-1750
	Asam karboksilat	1710-1780
	Amida	1630-1690
N-H	Amina	3300-3500
C≡N	Nitril	2260-2240

(Solomons, 2011)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Polu dkk, (2016) memeriksa kemungkinan interaksi atau kompleksasi yang terjadi antara ion dan polimer serta perubahan konformasi pada sejumlah besar polimer yang disebabkan karena penambahan larutan ionik EMImTFSI dalam polimer elektrolit PEO₂₀-LiDFOB-A. Spektra FTIR polimer elektrolit (padat) dari PEO murni dan PEO₂₀-iDFOB-x wt% EMImTFSI (x = 0; 10; 20; 30; dan 40) ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Spektra FTIR, (a)PEO murni dan PEO₂₀-LiDFOB-IL membran elektrolit dengan diferensial IL (b) 0% (c) 10% (d) 20% (e) 30% dan (f) 40% (Polu dkk, 2016)

2.8. Spektroskopi Impedansi

Impedansi elektrokimia untuk mengukur arus listrik yang melalui sel seperti AC. Arus massa dalam elektrolit dipengaruhi oleh besaran frekuensi, dimana kontrol kinetik sangat menonjol pada frekuensi tinggi. Sedangkan pada frekuensi rendah, arus akan dipengaruhi oleh transfer massa (Handayani, 2008).

Pada suatu polimer elektrolit, konduktivitas listrik dapat ditentukan dengan mengetahui resistansi bahan melalui pengukuran impedansinya. Konduktivitas listrik bahan dapat dihitung menggunakan persamaan 2.3

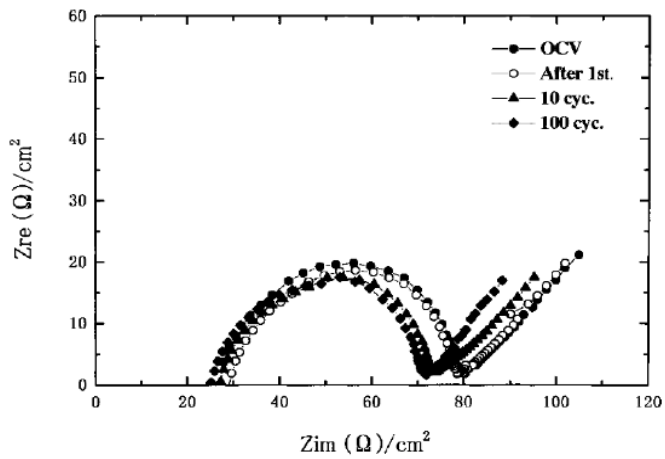
$$\delta = \frac{l}{AR} \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan:

- R = Resistensi bahan (ohm)
- l = Tebal bahan (m)
- A = Luas penampang bahan (m²)

(Handayani, 2008).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Wang (2003) dibuat polimer elektrolit ikat silang berdasarkan PEO dengan garam elektrolit LiTFSI telah diuji dalam semua baterai ion litium. Sel menunjukkan *cycle life* yang baik pada 80 °C, menyimpan 90% pada kapasitas awal setelah 50 *cycle*. Spektrum ac impedansi pada siklus yang berbeda ditunjukkan pada Gambar. 2.5 Spektrum ac pada semua *cycles* menunjukkan setengah lingkaran yang sedikit tertekan terkait dengan proses antarmuka Li/polimer elektrolit (Wang dkk, 2003).



Gambar 2. 5 Spektrum AC impedansi dari sel Li/SPE/Li dari cycles yang berbeda pada 80 °C (Wang dkk, 2003)

BAB III METODOLOGI

3.1. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas beaker, tabung reaksi, pipet ukur, pro pipet, spatula, kaca arloji, *thermometer digital stick*, *magnetic stirrer*, *teflon petri dish*, neraca analitis (Ohaus PA214), oven (Freas 605), XRD (Phillips X'Pert MPD), FTIR (Shimadzu), dan spektroskopi AC impedansi (Autolab EC110M).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah PEO) $M_w = 6 \times 10^5 \text{ g mol}^{-1}$ (Sigma Aldrich), garam LiClO_4 (Sigma Aldrich, 99,9%), asetonitril (Emsure Merck KGaA) dibeli dari Germany, dan abu layang dari PT.Tjiwi Kimia diambil dari kota Sidoarjo Indonesia.

3.2. Prosedur Kerja

3.2.1. Sintesis Solid Polymer Electrolyte (SPE)

SPE dibuat dengan tiga variasi yaitu PEO 100%, PEO- LiClO_4 10%, dan PEO- LiClO_4 10%-abu layang 5%, dilarutkan dalam asetonitril yang digunakan sebagai solvent untuk preparasi dari elektrolit polimer sebanyak 8 mL dan diaduk selama 6 jam untuk mendapat larutan homogen kental pada suhu 55 °C. Campuran tersebut kemudian dituangkan kedalam sebuah teflon petri dish (diameter 2 cm). Kemudian SPE dikeringkan di dalam oven pada suhu 55 °C selama 6 jam. Proses sintesis SPE dan skema interaksi antara PEO, LiClO_4 dan abu layang ditampilkan dalam Gambar 4.1

3.2.2. Karakterisasi FTIR

Sampel digerus bersama-sama dengan suatu halida anorganik yang memiliki ikatan ionik sehingga tidak akan

menyerap sinar inframerah karena tidak ada vibrasi molekul di dalamnya. Pada penelitian ini akan menggunakan senyawa KBr. Setelah digerus hingga bercampur sempurna, kemudian dipres pada tekanan 8 hingga 20 ton per satuan luas menjadi cakram tipis atau pelet. Kemudian pelet tersebut dimasukkan ke dalam susunan alat dan kemudian siap ditembak oleh sinar inframerah. FTIR menggunakan spectrometer Nicolet 380 FTIR di wilayah $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$ pada resolusi dari 1 cm^{-1} .

3.2.3. Karakterisasi XRD

Pengujian XRD dilakukan dengan metode pengujian difraksi serbuk menggunakan Phillips X'Pert MPD System dengan mengambil film SPE. Pengukuran difraksi sinar-X dilakukan pada rentang sudut $5^\circ - 90^\circ$ dan menggunakan panjang gelombang $\text{CuK}\alpha$ sebesar 1.54056 \AA , Ni filter, 40 kV dan 100 mA. Semua sampel dianalisa pada rentang $2\theta = 10 - 60^\circ$, kecepatan scanning $0,5^\circ/\text{min}$ dan $0,05^\circ/\text{step}$ pada temperature ruang.

3.2.4. Karakterisasi Elektrokimia

Impedansi dan konduktivitas dari sampel ditentukan dengan Autolab EC110M. Film SPE diselipkan diantara dua elektroda *Stainless Steel* (SS) (diameter 2 cm) dalam sebuah koin sel. Ketebalan setiap sampel diukur dengan menggunakan alat ukur jangka sorong. Pengukuran impedansi dilakukan dalam rentang frekuensi 1 Hz sampai 1 MHz sampel 1 Hz dengan kecepatan 10 mVs^{-1} . Konduktivitas dianalisis dengan memvariasikan suhu $313 - 363 \text{ K}$ (ditahan setiap perubahan 10°C selama 1 jam).

Konduktivitas ionik dari berbagai polimer elektrolit telah ditentukan menggunakan persamaan:

$$\sigma = \frac{t}{(A \times R_b)} \dots \dots \dots (3.1)$$

Dimana σ adalah konduktivitas dihitung dalam S/cm , t adalah ketebalan film, A adalah luas permukaan film, dan R_b adalah resistansi film dalam satuan ohm.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

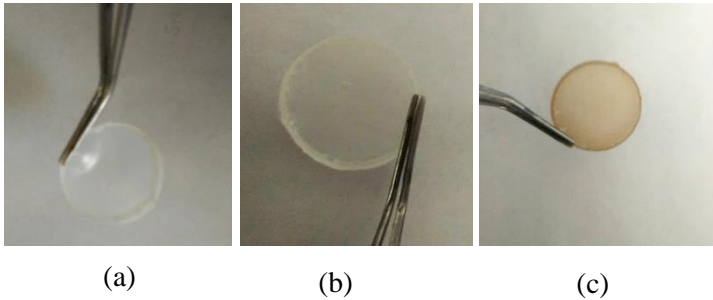
4.1. Hasil Sintesis *Solid Polymer Electrolyte* (SPE)

SPE yang disintesis dalam penelitian ini merupakan gabungan PEO, dengan garam LiClO_4 dan pengisi abu layang. Abu layang yang dipakai berasal dari PT.TJIWI KIMIA Sidoarjo Indonesia. Sintesis ini dilakukan dengan mengadaptasi prosedur sintesis $\text{PEO/LiClO}_4/\text{TiO}_2$ oleh Lin dkk, (2005) dan $\text{PEO/NaClO}_4/\text{TiO}_2$ oleh Ni'mah dkk (2015). Modifikasi dilakukan dengan mengganti pengisi TiO_2 5% dengan abu layang sebanyak 5%.

Dilakukan 3 variasi yaitu PEO murni, PEO - LiClO_4 10%, dan PEO - LiClO_4 - abu layang 5% dilarutkan dalam asetonitril yang digunakan sebagai solvent untuk preparasi dari elektrolit polimer sebanyak 8 mL dan diaduk selama 6 jam untuk mendapat larutan homogen kental pada suhu 55 °C. Lalu sampel didiamkan selama semalam agar gelembung menghilang dari sampel dan dalam keadaan tertutup.

Larutan tersebut kemudian dituangkan kedalam sebuah teflon petri dish (diameter 2 cm) secara perlahan lahan agar tidak terdapat gelembung saat penuangan. Kemudian SPE dikeringkan di dalam oven pada suhu 55 °C selama 6 jam untuk menguapkan larutan asetonitril. Hasil oven berbentuk membran dengan ketebalan 0,025. Diamkan sebentar lalu diambil membran dengan piset agar tidak rusak.

Dapat dilihat pada Gambar 4.1 hasil membran SPE dengan variasi berbeda. SPE PEO murni transparan dan agak keras, sedangkan saat ditambahkan garam LiClO_4 membran buram atau berwarna putih dan lunak dan saat penambahan abu layang berwarna coklat dan lunak.



Gambar 4. 1 Membran SPE berdasarkan PEO dengan variasi penambahan garam LiClO_4 dan penambahan abu layang. (a) PEO murni, (b) PEO - LiClO_4 , (c) PEO - LiClO_4 – abu layang 5%

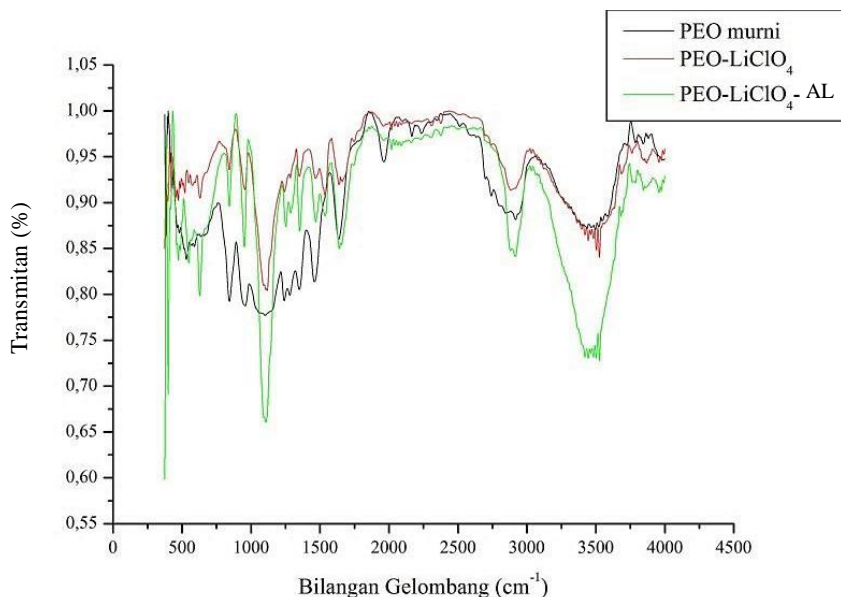
4.2. Karakterisasi FTIR

Karakterisasi FTIR digunakan untuk memeriksa kemungkinan interaksi yang terjadi antara ion dan polimer serta perubahan konformasi pada sejumlah besar polimer. Perubahan konformasi ini disebabkan karena penambahan garam LiClO_4 dan penambahan pengisi abu layang 5%. Gambar 4.2 menunjukkan spektra FTIR hasil sintesis.

Mode vibrasi yang paling utama dan bilangan gelombang yang ditunjukkan oleh PEO murni adalah vibrasi kibas (*wagging*) CH_2 pada daerah serapan 2918 cm^{-1} , CH_2 lentur pada daerah serapan 1458 dan 1350 cm^{-1} , CH_2 simetris pada daerah serapan 958 cm^{-1} dan CH_2 asimetris pada daerah serapan 844 cm^{-1} . Pada pita serapan tersebut PEO yang ditambahkan garam elektrolit memiliki intensitas yang lebih rendah. Hasil ini membuktikan bahwa interaksi yang terjadi antara oksigen PEO dan kation (Li^+ dan ClO_4^-) terbentuk sesuai dengan hasil penelitian oleh peneliti-peneliti sebelumnya.

Peregangan C–O–C ditemukan pada daerah serapan 1103 cm^{-1} . Saat penambahan pengisi abu layang intensitas menurun,

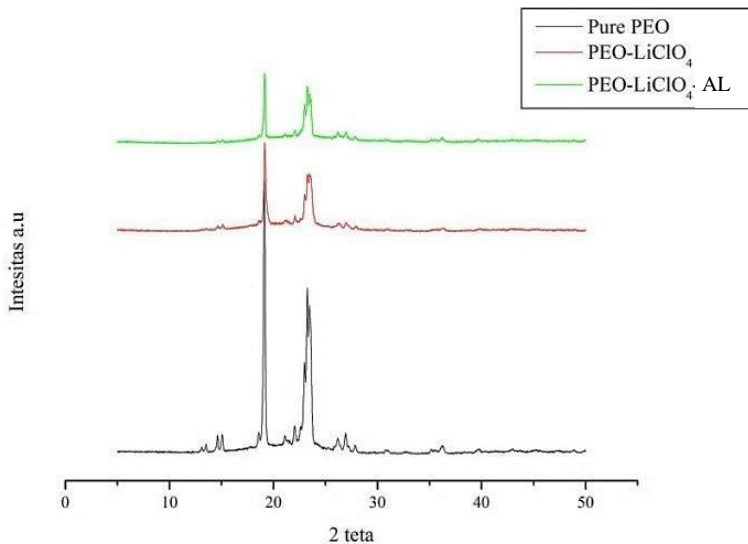
dan terbukti bahwa kompleks Li^+ - PEO terbentuk. Ditemukan puncak baru pada daerah serapan 630 dan 627 cm^{-1} yang diindikasikan sebagai pita serapan ClO_4 . Puncak tersebut hanya teramati pada PEO - LiClO_4 dan PEO - LiClO_4 - abu layang.



Gambar 4. 2 Spektra FTIR pada SPE berbasis PEO dengan variasi LiClO_4 dan penambahan pengisi abu layang

4.3. Karakterisasi XRD

Karakterisasi XRD dilakukan untuk mengetahui kemungkinan perubahan sifat semi-kristal selama penambahan garam lithium (LiClO_4) dan penambahan pengisi abu layang. Pada Gambar 4.3. menunjukkan pola XRD dari PEO murni, penambahan garam LiClO_4 dan penambahan pengisi abu layang.



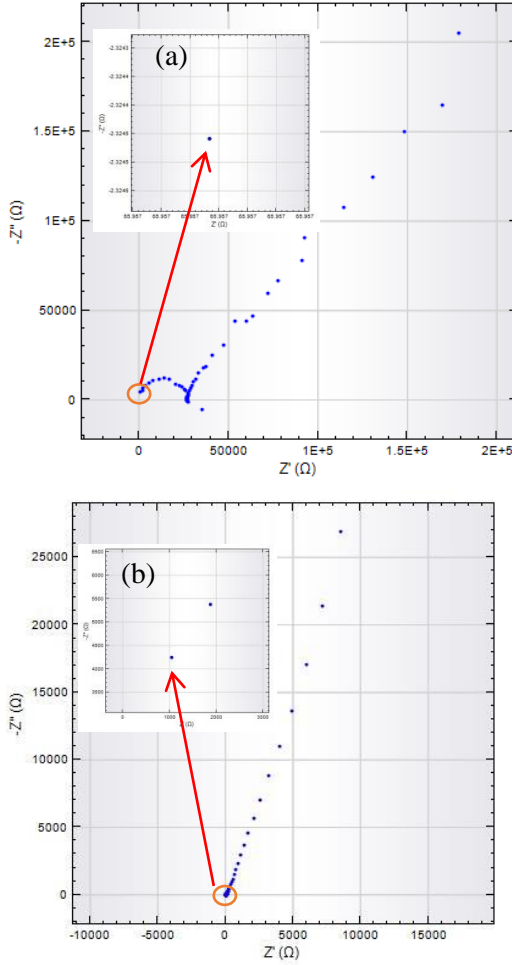
Gambar 4. 3 Pola XRD, PEO murni dengan penambahan garam LiClO_4 dan penambahan pengisi abu layang

Berdasarkan hasil pola XRD, PEO murni mempunyai puncak karakteristik yang tajam pada $2\theta = 19,14^\circ$ dan $23,24^\circ$ dengan puncak-puncak dasar yang berada pada sudut $2\theta^\circ$: $14,61734^\circ$; $14,63405^\circ$; $15,05183^\circ$; $15,06854^\circ$; $22,02043^\circ$; $22,03714^\circ$; $26,95025^\circ$; $26,96696^\circ$ dan $26,98367^\circ$. Puncak karakteristik tersebut menandakan daerah kristalin dan puncak-puncak dasar menandakan daerah amorf. Penambahan LiClO_4 kedalam matrik PEO menunjukkan adanya penurunan drastis pada intensitas dan kristalinitas PEO murni. Hal ini dapat terjadi karena gangguan pada struktur semi kristalin oleh penambahan garam LiClO_4 . Saat penambahan pengisi abu layang, puncak XRD menunjukkan adanya penurunan intensitas yang menandakan sifat amorf.

4.4. Konduktivitas Ionik

Hubungan antara konduktivitas ionik SPE dengan suhu ditunjukkan pada Gambar 4.5. Plot impedansi yang kompleks dari membran elektrolit PEO - LiClO_4 - abu layang pada suhu ruang ditunjukkan pada Gambar 4.4.

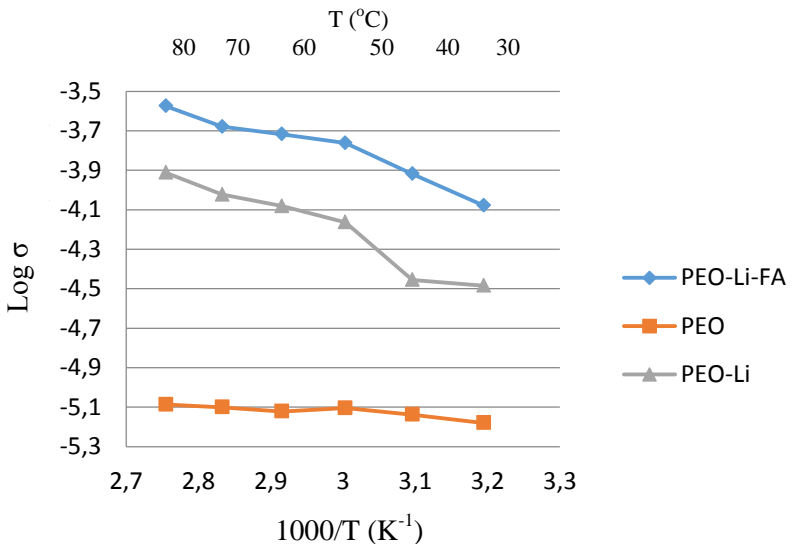
Pada kurva tersebut terlihat bahwa konduktivitas ionik meningkat secara linier dengan temperatur. Konduktivitas ionik pada seluruh sampel dihitung dengan persamaan (3.1). Resistansi bahan (ohm) didapat dari intersep semi lingkaran dengan *axis real*, pada daerah frekuensi 1MHz - 1Hz. Gambar 4.4 plot impedansi (Z' vs Z'') dari PEO murni dan PEO - LiClO_4 - abu layang 5% pada suhu 50 °C. Spektra impedansi terdiri dari busur pada daerah berfrekuensi tinggi dan diikuti garis linear pada daerah frekuensi rendah. Saat penambahan garam LiClO_4 dan pengisi abu layang terjadi pergeseran pada impedansi ke resistansi lebih rendah pada *real axis*. Dapat dilihat konduktivitas ionik pada saat PEO suhu 50 °C sebesar $7,284 \times 10^{-6}$ dan pada penambahan pengisi abu layang 5% suhu 50 °C konduktivitas meningkat menjadi $1,206 \times 10^{-4}$.



Gambar 4. 4 Plot impedansi (Z' vs Z'') dari (a) PEO murni dan (b) PEO -LiClO₄– abu layang 5% pada suhu 50 °C

Dapat dilihat pada Gambar 4.5 konduktivitas naik seiring dengan penambahan suhu hal ini dinyatakan karena mobilitas Li^+ yang tinggi karena temperature dinaikkan. Seperti yang terlihat

pada bidang konduktivitas temperature, PEO -LiClO₄ - abu layang menghasilkan konduktivitas ionik yang besar yaitu $1,730 \times 10^{-4}$ pada suhu 60 °C dibandingkan PEO murni dan PEO - LiClO₄. Konduktivitas optimum diperoleh pada suhu 60 °C sesuai dengan penelitian sebelumnya oleh Lin dkk (2005). Sifat dari kenaikan konduktivitas dipengaruhi temperature dapat dipelajari dalam terminologi model volume yang kosong. Tipe ini juga dilaporkan pada sistem polimer elektrolit. Seiring kenaikan temperatur, polimer dapat menyebar dengan mudah dan menghasilkan volume yang kosong. Sehingga, semakin tinggi temperatur, semakin naik volume yang kosong. Konduktivitas yang dihasilkan mewakili seluruh pergerakan ion-ion dan polimer, ditentukan oleh volume yang kosong di sekitar rangkaian polimer. Oleh karena itu, saat temperatur meningkat maka ion, molekul terlarut atau segmen polimer dapat berpindah ke volume yang kosong. Hal ini menyebabkan kenaikan pergerakan ion dan pergerakan segmen sehingga membantu transpor ion.



Gambar 4. 5 Plot konduktivitas ionik vs suhu, pada SPE dengan PEO - LiClO₄ dan PEO - LiClO₄ - abu layang

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Membran SPE berhasil disintesis dengan variasi PEO murni, PEO - LiClO_4 dan PEO - LiClO_4 – abu layang 5%. Studi XRD menunjukkan sifat amorf dari membran SPE yang menghasilkan konduktivitas ionik yang lebih besar. Karakterisasi FTIR menunjukkan interaksi yang terjadi antara ion dan polimer serta perubahan konformasi pada sejumlah besar polimer. Dari spektroskopi impedansi, telah menunjukkan bahwa konduktivitas ionik membran semakin tinggi seiring dengan penambahan suhu dan menghasilkan nilai maksimum sebesar $1,730 \times 10^{-4} \text{ S/cm}$ pada 60°C untuk PEO - LiClO_4 – abu layang 5% sedangkan nilai konduktivitas ionik PEO murni sebesar $7,859 \times 10^{-6} \text{ S/cm}$ dan $6,863 \times 10^{-5} \text{ S/cm}$ untuk PEO- LiClO_4 pada suhu yang sama. Hasil dalam penelitian ini menunjukkan bahwa SPE PEO dengan penambahan LiClO_4 dan abu layang 5%. merupakan salah satu material elektrolit untuk baterai ion lithium.

5.2. Saran

Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut mengenai sifat elektrokimia seperti charge-discharge, dan lain lain. Serta penelitian ini dapat digunakan di masyarakat untuk memanfaatkan limbah abu layang sebagai bahan pengisi anorganik baterai dengan konduktivitas tinggi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Atkins, P., Overton, T., Rourke, J., Weller, M., Armstrong, F., and Hageman, M. (2010). *Inorganic Chemistry (Fifth ed.)*. New York: W. H. Freeman and Company.
- Bienias, J., Walczak, M., Surowska, B., and Sobczak, J. (2003). Microstructure and Corrosion Behavior of Aluminium Fly Ash Composite. *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, 5 (2), 493–502.
- Borgohain, M. M., Joykumar, T., and Bhat, S. V. (2010). Studies on a nanocomposite solid polymer electrolyte with hydrotalcite as a filler. *Journal of Solid State of Ionic*, 181, 964–967.
- Chen, B., Huang, Z., Chen, X., Zhao, Y., Xu, Q., and Long, P. (2016). A new composite solid electrolyte PEO/Li₁₀GeP₂S₁₂/SN for all-solid-state lithium battery. *Electrochimica Acta*, 210, 905-914.
- Fullerton, S. K. dan Janna, K. M. (2010). Structure and Mobility of PEO/LiClO₄ Solid Polymer Electrolytes Filled with Al₂O₃ Nanoparticles. *Journal of Physic Chemistry*, 114, 9196–9206.
- Grunebaum, M., Hiller, M. M., Jankowsky, S., Jeschke, S., Pohl, B., Schurmann, T., Vettikuzha, P., Gentschev, A-C., Stolina, R., Muller, R., Wiemhofer, H.-D. (2014). Synthesis and electrochemistry of polymer based electrolytes for lithium batteries. *Progress in Solid State Chemistry*, 42, 85-105.
- Hallinan Jr, D. T., Rausch, A., and McGill, B. (2016). An Electrochemical Approach to Measuring Oxidative

Stability of Solid Polymer Electrolytes for Lithium Batteries. *Chemical Engineering Science*, 154, 34-41.

Handayani, S. (2008). Membran Elektrolit Berbasis Polieter-eter Keton Tersulfonasi untuk Direct Methanol Fuel Cell Suhu Tinggi. *Disertasi Mahasiswa Pasca-Sarjana*. Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Khurana, R., Schaefer, J. L., Archer, L. A., and Coates, G. W. (2014). Suppression of Lithium Dendrite Growth Using Cross-Linked Polyethylene / Poly (ethylene oxide) Electrolytes: A New Approach for Practical Lithium-Metal Polymer Batteries. *Journal of the American Chemical Society*, 136 (20), 7395-7402.

Kwon, S. J., Kim, D. G., Shim, J., Lee, J. H., Baik, J. H., and Lee, J. C. (2014). Preparation of organic/inorganic hybrid semi-interpenetrating network polymer electrolytes based on poly(ethylene oxide-co-ethylene carbonate) for all-solid-state lithium batteries at elevated temperatures. *Polymer*, 55(12), 2799-2808.

Leofanti, G., Tozzola, G., Padovan, M., Petrini, G., Bordiga, S., and Zecchina, A., (1997). *Catal Today*, 34, 329–352,

Lin a, C. W., Hung, C. L., Venkateswarlu, M., and Hwang, B. J. (2005). Influence of TiO₂ nano-particles on the transport properties Of composite polymer electrolyte for lithium-ion batteries. *Journal of Power Sources*, 146, 397–401.

Linden, D., and Reddy, T. B. (2002). *Handbook of Batteries* (Third ed.). USA: The McGaw-Hill Companies, Inc.

Ni'mah, Y.L., Yao Cheng, M., Cheng, J.H., Rick, J., and Hwang, B.-J., (2015). Solid-state polymer nanocomposite

- electrolyte of $\text{TiO}_2/\text{PEO}/\text{NaClO}_4$ for sodium ion batteries. *Journal of Power Sources*, 278, 375–381.
- Ozawa, K. (2009). *Lithium Ion Rechargeable Batteries: Materials, Technology, and New Applications*. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH dan Co. KGaA.
- Polu, A. R., and Rhe, H. W. (2016). Ionic liquid doped PEO-based solid polymer electrolytes for lithium-ion polymer batteries. *International journal of hydrogen energy*, 42, 7212-7219.
- Prihandoko, B. (2007). Pemanfaatan soda lime silica dalam pembuatan komposit elektrolit baterai lithium. *Disertasi*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Sastrohamidjojo, H. (1991). *Kromatografi Edisi II*. 26-36. Yogyakarta : Liberty.
- Scrosati, B., and Garche, J. (2010). Lithium batteries: Status, prospects and future. *Journal of Power Sources*, 195, 2419-2430.
- Shukla, N., Awalendra, K., David, T.M., and Archan, S., (2014). Ion Conduction Mechanism in Solid Polymer Electrolyte: An Applicability of Almond-West Formalism. *International Journal of Electromical Science*, 9, 7644–7659.
- Silverstein, R., Bassler, G. C., and Morrill, T.C. (1991). *Spectrometric Identification of Organic Compounds, Fifth. Edition*. Canada : John Wiley and Sons. Inc.

- Song, S., Kotobuki, M., Zheng, F., Xu, C., Savilov, S.V., Hu, N., Lu, L., Wang, Y., and Z.Li, W.D. (2017). A hybrid polymer/oxide/ionic-liquid solid electrolyte for Na-metal batteries. *Journal of Materials Chemistry*, 5, 6424-6431.
- Suarnita, I.W. (2011). Kuat Tekan Beton dengan Aditif Fly Ash Ex PLTU Mpanau Tavaeli. *Jurnal SMARTek*, 9, 1–10.
- Tarascon, J. M., and Armand, M. (2001, November 15). Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries. *Nature*, 414, 359-367.
- Tjokrodinuljo, K., 1996, Teknologi Beton, Bahan Ajar. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.
- Umeno, T., Fukuda, K., Tsunawaki, T., Hiruta, T., Yasumoto, Y., Hara, Y., and Matsunaga, O. (2002). Anode material for lithium secondary battery, lithium secondary battery using said anode material, and method for charging of said secondary battery. USPTON.
- Wang, C., Sakai, T., Watanabe, O., Hirahara, K., and Nakanishi, T. (2003). All Solid-State Lithium-Polymer Battery Using a Self-Cross-Linking Polymer Electrolyte. *Journal of the Electrochemical Society*, 150, 1166-1170.
- Wardani, S. R. P. (2008). Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) untuk Stabilisasi Tanah Maupun Keperluan Teknik Sipil Lainnya Dalam Mengurangi Pencemaran Lingkungan. *Disertasi*. Fakultas Teknik – Universitas Diponegoro. Semarang.
- Wigayati, E. M., Febrianti, E. Y., dan Fajar, A. (2008). Pembuatan Senyawa LiMnO untuk Elektroda Baterai Padat Lithium. *Jurnal Sains Materi Indonesia*. 43 (1), 201-204.

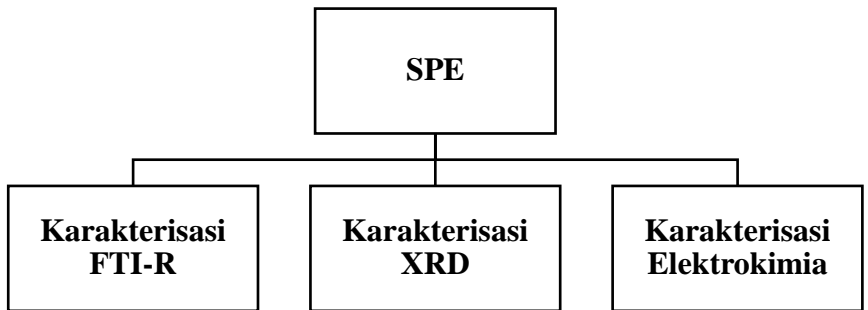
- Wu, Y. (2015). *Lithium Ion Batteries Fundamentals and Applications*. New York: CRC Press Taylor and Francis Group, LLC.
- Yap, L. , You, A. H., Teo1, L. L., and Hanapei H. (2013). Inorganic Filler Sizes Effect on Ionic Conductivity in Polyethylene Oxide (PEO) Composite Polymer. *Journal of Electrochemical Science*, 8, 2154 – 2163.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A

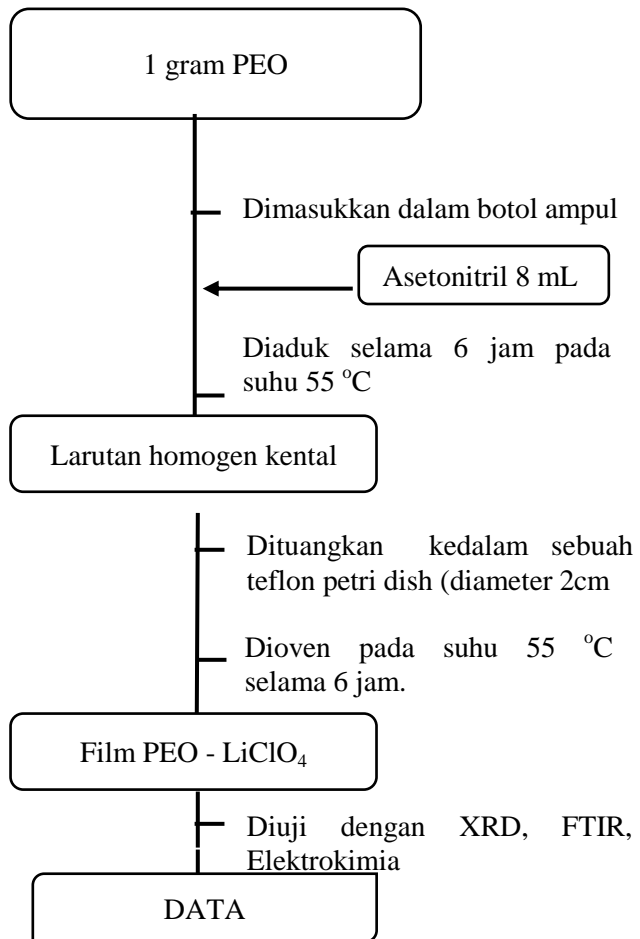
PROSEDUR KERJA

A.1 Sintesis *Solid Polymer Electrolyte* (SPE)



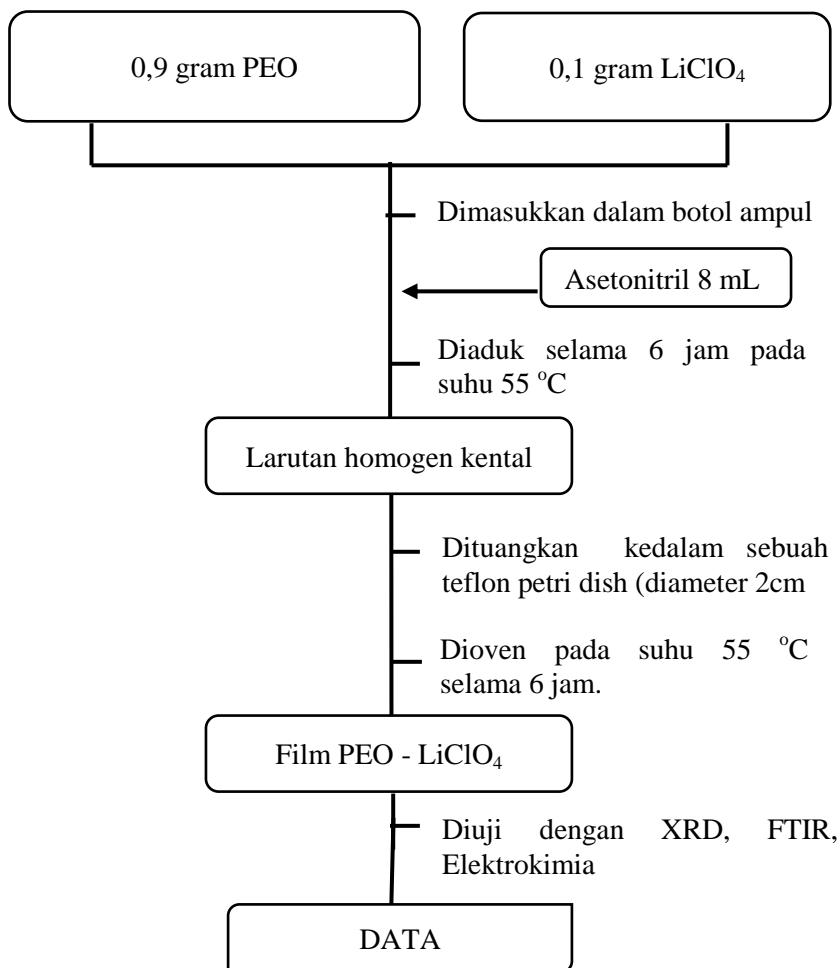
Gambar A. 1 Bagan Sintesis *Solid Polymer Electrolyte* (SPE)

A.2 Sintesis SPE PEO murni



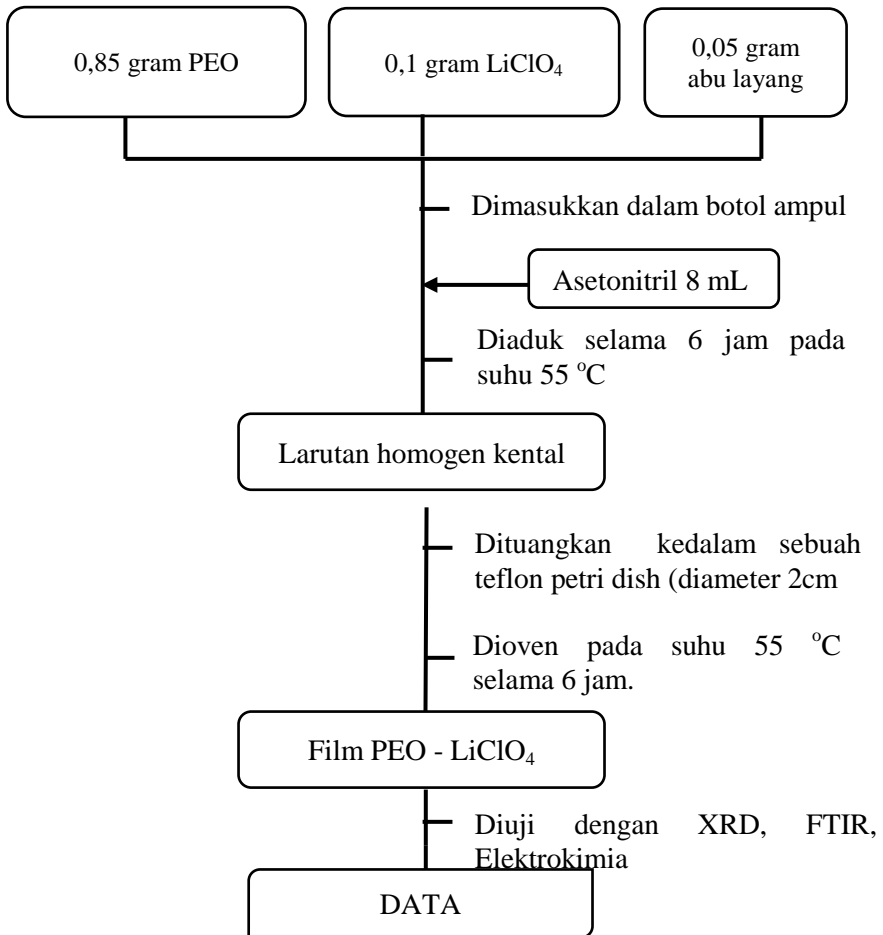
Gambar A. 2 Bagan Sintesis SPE PEO murni

A.3 Sintesis SPE PEO - LiClO_4



Gambar A. 3 Bagan Sintesis SPE PEO - LiClO_4

A.4 Sintesis SPE PEO - LiClO_4 – Abu layang



Gambar A. 4 Bagan Sintesis SPE PEO - LiClO_4 – Abu layang

LAMPIRAN B

PERHITUNGAN

B.1 Hasil Perhitungan Massa Bahan yang Digunakan

Massa total SPE = 1 gram

Massa total CPE = 1 gram

Massa SPE/CPE = m. PEO + m. LiClO₄ + m. Abu Layang

$$X\% \text{ bahan} = \frac{\text{massa bahan}}{\text{massa}_{\frac{\text{SPE}}{\text{CPE}}}} \times 100\%$$

$$\text{massa bahan} = \frac{x\% \text{ bahan} \times \text{massa SPE/CPE}}{100\%}$$

Tabel B. 1 Tabel Hasil perhitungan massa bahan yang digunakan

	PEO	LiClO ₄	Abu layang
PEO	1 gram	0	0
PEO- LiClO ₄	0,9 gram	0,1 gram	0
PEO- LiClO ₄ .abu layang 5%	0,850 gram	0,1 gram	0,05 gram

B.2 Hasil Perhitungan Konduktivitas Ionik

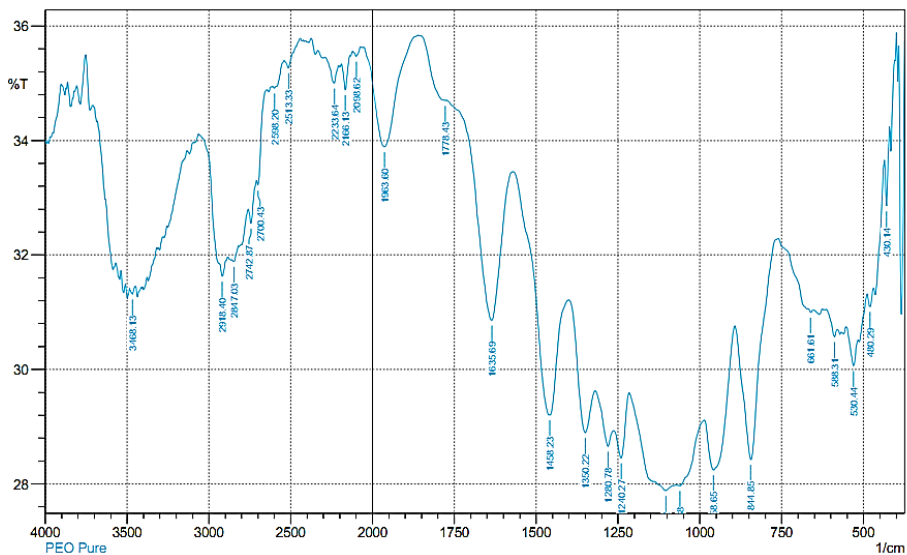
Tabel B. 2 Tabel Hasil Perhitungan Konduktivitas Ionik

	Konduktivitas Ionik					
	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C	90 °C
PEO	6,601x 10 ⁻⁶	7,284x 10 ⁻⁶	7,859x 10 ⁻⁶	7,553x 10 ⁻⁶	7,930x 10 ⁻⁶	8,191 x10 ⁻⁶
PEO-LiClO ₄	3,276x 10 ⁻⁵	3,507x 10 ⁻⁵	6,863x 10 ⁻⁵	8,293x 10 ⁻⁵	9,478x 10 ⁻⁵	1,224 x10 ⁻⁵
PEO- LiClO ₄ . abu layang 5%	8,336x 10 ⁻⁵	1,206x 10 ⁻⁴	1,730x 10 ⁻⁴	1,918x 10 ⁻⁴	2,095x 10 ⁻⁴	2,662 x10 ⁻⁴

LAMPIRAN C

HASIL KARAKTERISASI

C.1 Hasil Karakterisasi FTIR

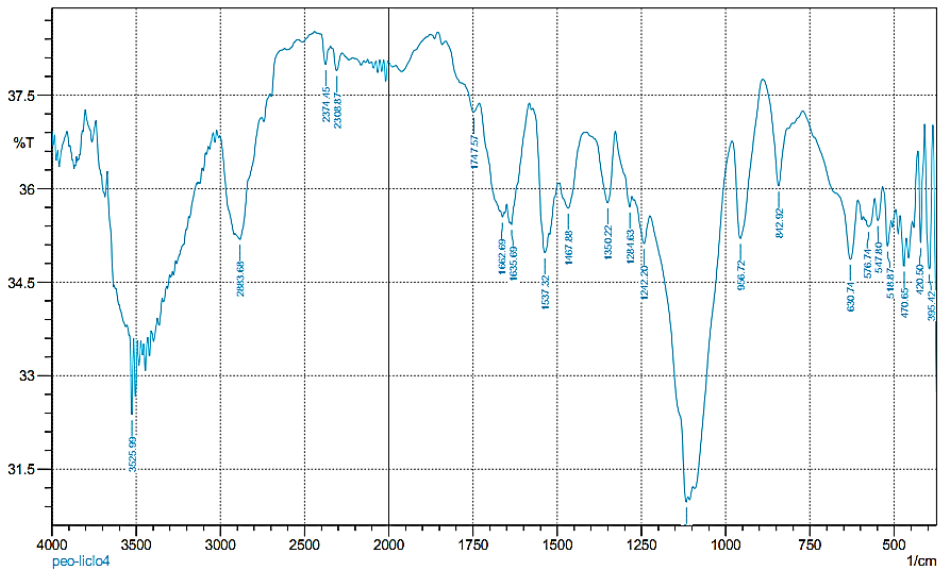


Gambar C. 1 Spektrum FTIR PEO murni

Tabel C. 1 Keterangan Spektrum FTIR PEO murni

	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	430.14	32.853	1.025	435.93	420.5	7.339	0.099
2	480.29	31.098	0.263	488.01	468.72	9.748	0.037
3	530.44	30.069	0.53	553.59	516.94	18.964	0.132
4	588.31	30.575	0.206	613.38	580.59	16.776	0.039

5	661.61	30.998	0.049	669.32	655.82	6.863	0.004
6	844.85	28.428	2.868	891.14	761.91	67.001	2.205
7	958.65	28.246	1.347	985.66	893.07	49.72	1.231
8	1060.88	27.97	0.165	1072.46	987.59	46.365	0.18
9	1103.32	27.886	0.426	1215.19	1074.39	77.113	0.915
10	1240.27	28.452	0.808	1263.42	1217.12	24.98	0.28
11	1280.78	28.661	0.464	1319.35	1265.35	28.985	0.161
12	1350.22	28.899	1.306	1400.37	1321.28	41.616	0.718
13	1458.23	29.203	2.758	1570.11	1402.3	85.046	2.694
14	1635.69	30.859	2.989	1774.57	1572.04	97.516	2.819
15	1778.43	34.701	0.06	1855.58	1774.57	36.769	0.1
16	1963.6	33.892	1.837	2056.19	1861.37	88.793	1.727
17	2098.62	35.473	0.12	2121.77	2071.62	22.535	0.037
18	2166.13	34.886	0.514	2191.21	2137.2	24.503	0.149
19	2233.64	34.999	0.355	2291.51	2206.64	38.455	0.156
20	2513.33	35.267	0.232	2540.33	2440.03	45.104	0.099
21	2598.2	34.914	0.105	2609.77	2540.33	31.578	0.063
22	2700.43	33.218	0.281	2708.15	2644.49	29.697	- 0.055
23	2742.87	32.552	0.404	2758.3	2708.15	24.223	0.11
24	2847.03	31.884	0.11	2860.53	2820.02	20.059	0.033
25	2918.4	31.63	0.777	3039.91	2885.6	75.035	0.713
26	3468.13	31.318	0.118	3485.49	3450.77	17.48	0.03

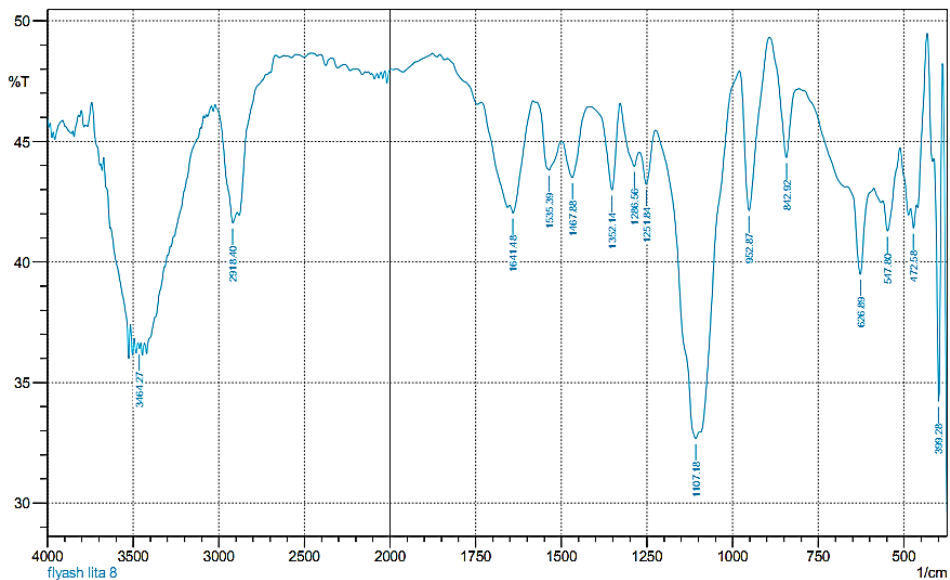


Gambar C. 2 Spektrum FTIR PEO - LiClO₄

Tabel C. 2 Keterangan Spektrum FTIR PEO - LiClO₄

	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	395.42	34.7152	2.3143	408.92	385.78	10.4017	0.4154
2	420.5	35.1354	1.6671	430.14	408.92	9.3973	0.191
3	470.65	34.7586	0.5737	482.22	6464.8	7.8937	0.0628
4	518.87	35.0783	0.6247	534.3	509.22	11.278	0.0807
5	547.8	35.4883	0.4382	557.45	534.3	10.353	0.0668
6	576.74	35.3971	0.2058	584.45	557.45	12.1396	0.0517
7	630.74	34.8717	0.9874	669.32	607.6	27.8053	0.3233
8	842.92	36.0413	1.2187	889.21	815.92	31.7234	0.3827

9	956.72	35.2043	1.8277	981.8	889.21	40.6684	0.9666
10	1116.82	30.9797	0.2367	1222.91	1112.96	52.0985	0.034
11	1242.2	35.125	0.5359	1271.13	1224.84	20.8583	0.1461
12	1284.63	35.7084	0.2936	1327.07	1278.85	21.2577	0.09
13	1350.22	35.7749	1.1016	1388.79	1327.07	27.1669	0.4144
14	1467.88	35.6915	0.6608	1492.95	1413.87	34.8699	0.2534
15	1537.32	34.9715	0.8109	1572.04	1525.74	20.572	0.1827
16	1635.69	35.4268	0.1672	1639.55	1583.61	24.5762	0.0289
17	1662.69	35.5427	0.094	1668.48	1656.91	5.1923	0.0062
18	1747.57	37.2315	0.2452	1776.5	1732.13	18.9451	0.0591
19	2308.87	37.8967	0.3234	2333.94	2278.01	23.4689	0.1008
20	2374.45	37.9939	0.3891	2403.38	2345.52	24.1745	0.11
21	2883.68	35.1879	0.4314	2912.61	2754.44	70.0654	0.2637
22	3525.99	32.3758	1.2269	3537.57	3516.35	10.2262	0.177



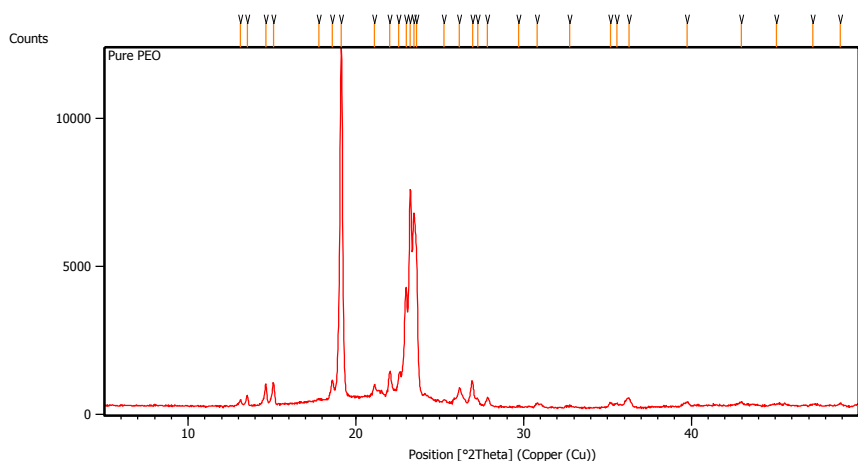
Gambar C. 3 Spektrum FTIR PEO - LiClO_4 - Abu layang

Tabel C. 3 Keterangan Spektrum FTIR PEO - LiClO_4 - Abu layang

	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
	399.28	34.221	12.194	412.78	387.7	9.884	1.48
2	472.58	41.412	0.884	480.29	462.93	6.561	0.075
3	547.8	41.285	1.848	561.3		18.527	0.46
4	626.89	39.496	3.593	665.46	588.31	29.158	0.947
5	842.92	44.339	3.75	893.07	806.27	28.593	1.114
6	952.87	42.136	6.222	979.87	893.07	29.499	2.324
7	1107.18	32.677	1.218	1224.84	1097.53	51.714	-0.766
8	1251.84	43.239	1.713	1273.06	1224.84	17.088	0.368
9	1286.56	43.97	1.069	1329	1273.06	19.485	0.386

10	1352.14	42.989	3.562	1413.87	1329	29.264	1.052
11	1467.86	43.496	2.027	1496.81	1419.66	26.898	0.66
12	1535.39	43.807	1.956	1572.04	1502.6	24.211	0.663
13	1641.48	42.038	0.936	1651.12	1583.61	24.03	0.267
14	2918.4	41.621	1.292	3022.55	2893.32	46.214	0.426
15	3464.27	36.407	0.241	3471.98	3454.62	7.593	0.02

C.2 Hasil Karakterisasi XRD

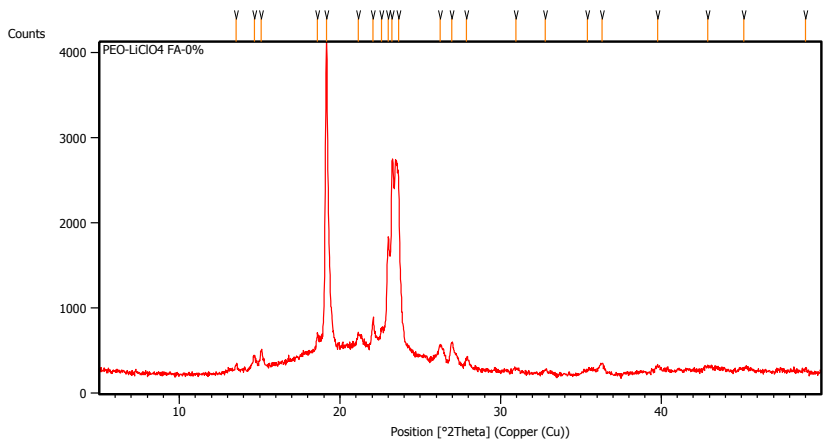


Gambar C. 4 Difraktogram XRD PEO murni

Tabel C. 4 Keterangan XRD PEO murni

Pos. [$^{\circ}2\text{Th.}$]	Height [cts]	FWHM Left [$^{\circ}2\text{Th.}$]	d-spacing [\AA]	Rel. Int. [%]
13.1302	218.68	0.0836	6.74297	1.81
13.5284	373.37	0.1171	6.54535	3.09
14.6322	769.46	0.1171	6.05401	6.36
15.0826	788.49	0.1171	5.87422	6.52

17.7765	253.82	0.2676	4.98962	2.10
18.5862	887.50	0.1338	4.77405	7.33
19.1402	12099.65	0.1673	4.63709	100.00
21.1213	748.36	0.1004	4.20642	6.19
22.0299	1195.23	0.1506	4.03495	9.88
22.5678	1134.89	0.0669	3.93997	9.38
22.9889	4043.48	0.1171	3.86874	33.42
23.2464	7317.74	0.1171	3.82647	60.48
23.4604	6563.18	0.0836	3.79205	54.24
23.6256	4996.18	0.1338	3.76591	41.29
25.2512	254.73	0.1171	3.52704	2.11
26.1764	659.45	0.1171	3.40444	5.45
26.9521	859.34	0.1171	3.30819	7.10
27.2706	284.15	0.1004	3.27027	2.35
27.8413	343.41	0.0836	3.20452	2.84
29.7063	57.93	0.1673	3.00745	0.48
30.7917	144.56	0.1338	2.90387	1.19
32.7506	61.93	0.4015	2.73452	0.51
35.1787	160.27	0.1338	2.55114	1.32
35.5456	150.95	0.1673	2.52565	1.25
36.3003	294.50	0.3680	2.47485	2.43
39.7427	138.17	0.1673	2.26806	1.14
42.9656	120.97	0.1673	2.10511	1.00
45.0550	64.76	0.6691	2.01222	0.54
47.2380	58.69	0.3346	1.92420	0.49
48.8914	105.44	0.2007	1.86293	0.87



Gambar C. 5 Difaktrogram XRD PEO murni - LiClO₄

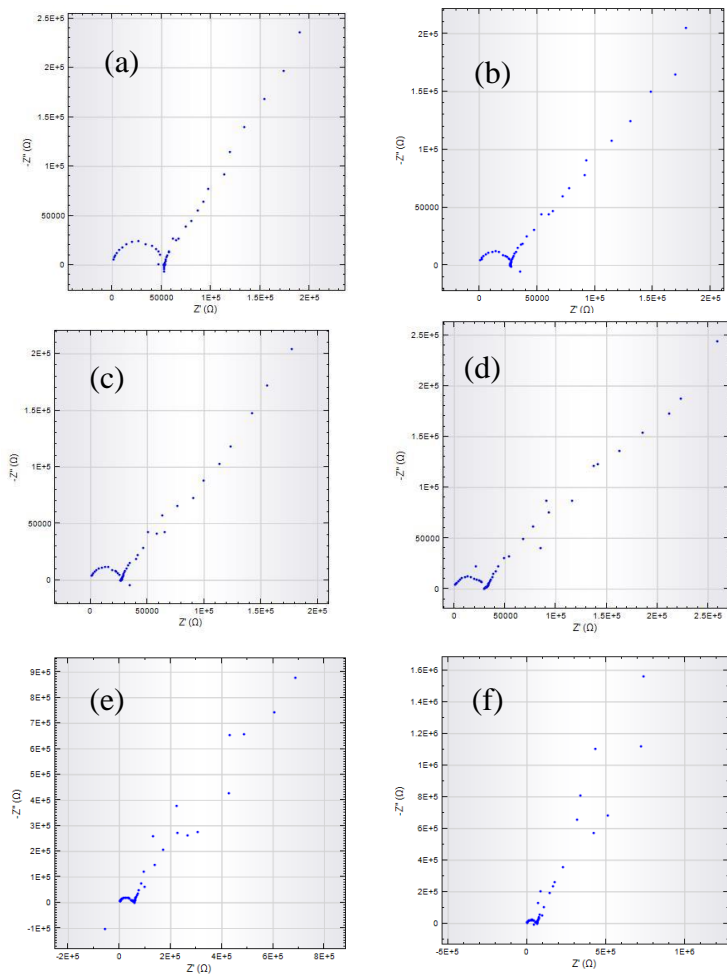
Tabel C. 5 Keterangan XRD PEO murni - LiClO₄

Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
13.5417	71.75	0.1338	6.53896	1.90
14.6575	138.37	0.1338	6.04361	3.66
15.1047	189.90	0.1338	5.86567	5.03
18.6050	298.43	0.1004	4.76927	7.90
19.1567	3778.12	0.1338	4.63314	100.00
21.1306	330.83	0.1004	4.20460	8.76
22.0624	508.32	0.0836	4.02908	13.45
22.6032	420.85	0.1004	3.93388	11.14
23.0153	1493.13	0.1171	3.86437	39.52
23.2530	2404.20	0.1004	3.82541	63.63
23.6416	2191.24	0.0836	3.76340	58.00
26.2295	256.15	0.1338	3.39766	6.78
26.9595	293.70	0.1673	3.30730	7.77

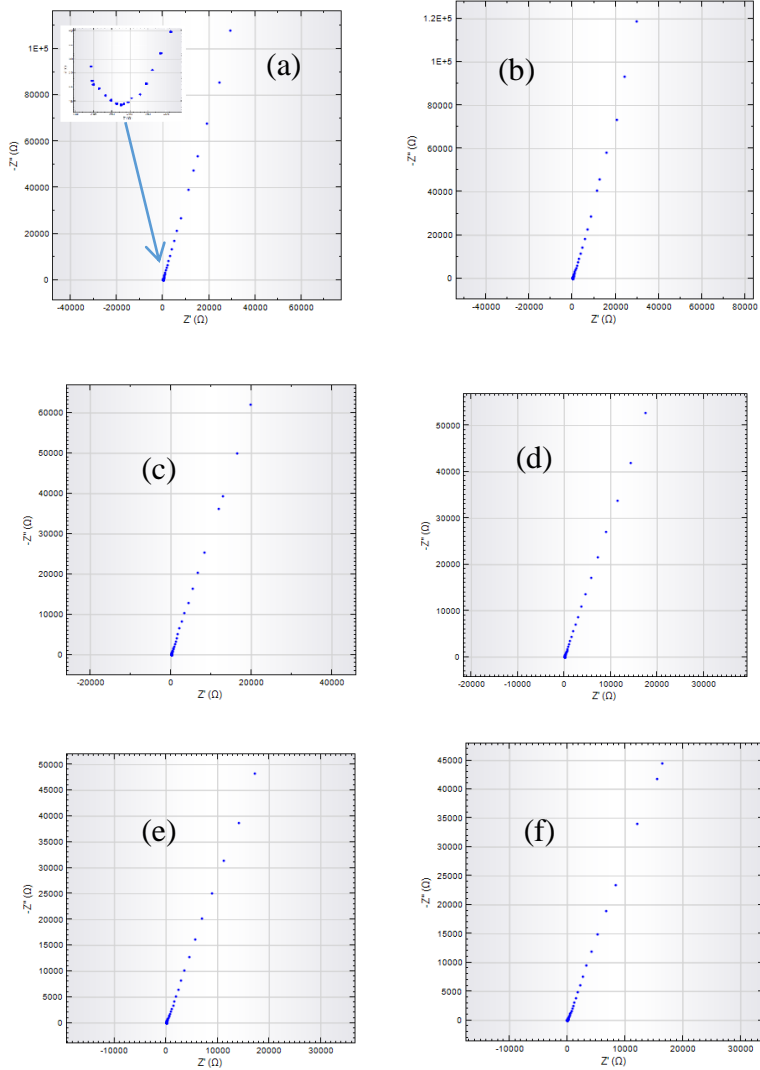
27.8896	134.11	0.1338	3.19908	3.55
30.9620	38.17	0.3346	2.88828	1.01
32.7862	44.72	0.2007	2.73163	1.18
35.4251	58.03	0.4015	2.53396	1.54
36.3291	121.50	0.2676	2.47295	3.22
39.7957	65.93	0.2007	2.26517	1.74
42.9033	44.49	0.4015	2.10802	1.18
45.1447	23.63	0.5353	2.00844	0.63
48.9761	41.42	0.2007	1.85991	1.10

27.8512	184.02	0.2007	3.20341	6.28
30.8142	s93.31	0.1004	2.90180	3.19
32.7621	32.19	0.4015	2.73359	1.10
35.2164	89.88	0.1338	2.54850	3.07
36.2754	163.58	0.1673	2.47650	5.58
39.6986	101.17	0.1673	2.27049	3.45
40.3029	50.48	0.2007	2.23783	1.72
42.9713	76.91	0.2676	2.10484	2.63
45.2724	41.70	0.8029	2.00307	1.42
48.9122	44.30	0.2676	1.86218	1.51

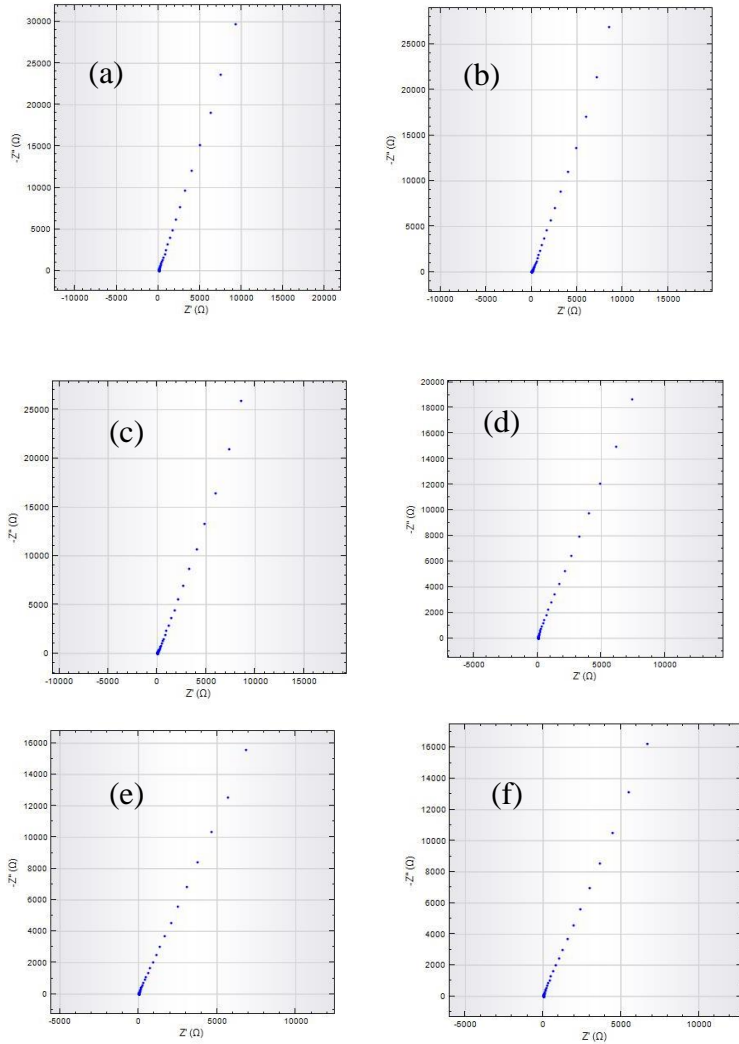
C.3 Hasil Konduktivitas Ionik



Gambar C. 7 Kurva Nyquist untuk PEO diperoleh pada suhu (a) 40 °C; (b) 50 °C; (c) 60 °C; (d) 70 °C; (e) 80 °C dan (f) 90 °C



Gambar C. 8 Kurva Nyquist untuk PEO - LiClO_4 10% diperoleh pada suhu (a) 40 °C; (b) 50 °C; (c) 60 °C; (d) 70 °C; (e) 80 °C dan (f) 90 °C



Gambar C. 9 Kurva Nyquist untuk PEO - LiClO_4 10% - abu Layang 5% diperoleh pada suhu (a) 40 °C; (b) 50 °C; (c) 60 °C; (d) 70 °C; (e) 80 °C dan (f) 90 °C

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Arlita Sandya Satya Wardhani yang dilahirkan di Samarinda pada tanggal 05 September 1995. Penulis akrab disapa Lita. Saat ini tinggal di Perumahan Randuagung Jl Asahan no 17 kecamatan Kebomas RT 001 RW 006 Gresik. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis pernah menempuh pendidikan di SDN Randuagung II Gresik, SMP YIMI Gresik, dan SMAN 1 Kebomas Gresik.

Penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Departemen Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) melalui jalur Mandiri pada tahun 2013 dan terdaftar sebagai mahasiswa Kimia ITS dengan NRP 1413100099. Penulis pernah melakukan kerja praktik di Pertamina PHE WMO “Hulu” Gresik. Selama menempuh pendidikan di ITS, penulis aktif berorganisasi. Penulis pernah menjabat sebagai staff Kesejahteraan Mahasiswa Himpunan Mahasiswa Kimia (HIMKA) ITS periode 2014/2015. Penulis menyelesaikan pendidikannya di Jurusan Kimia FMIPA ITS dengan mengambil tugas akhir yang berjudul “**Studi Konduktivitas Solid Polymer Electrolyte (SPE) PEO (Poly Ethylene Oxide) - LiClO₄ (Lithium Perchlorate) dengan Fly Ash dari PT.Tjiwi Kimia Sidoarjo**” yang dibimbing oleh Ibu Yatim Lailun Ni'mah, Ph. D. Penulis dapat dihubungi di email World.lita@gmail.com.